



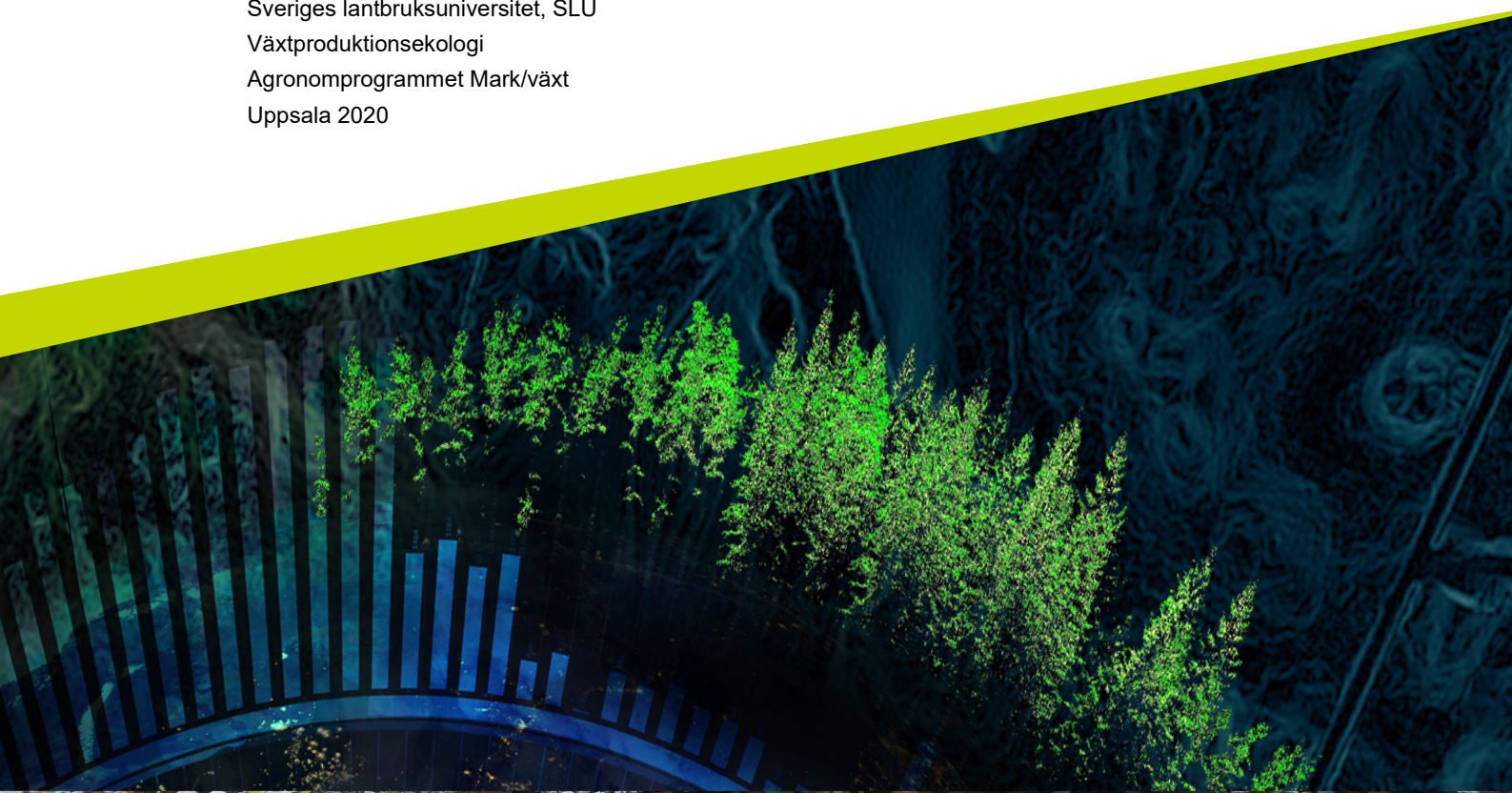
# Resistensutveckling i våtarv mot ALS-herbicider i norra Europa

---

*Development of resistance in common chickweed against ALS-herbicides  
in northern Europe*

Marie Björs

Examensarbete/Självständigt arbete • 15 hp  
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Växtproduktionsekologi  
Agronomprogrammet Mark/växt  
Uppsala 2020





# Resistensutveckling i våtarv mot ALS-herbicider i norra Europa

*Development of resistance in Common chickweed against ALS-herbicides in northern Europe*

Marie Björs

**Handledare:** Anneli Lundkvist, SLU, inst. för växtproduktionsekologi  
**Bitr. handledare:** Per Widén, Jordbruksverket  
**Bitr. handledare:** Leif Johansson, Jordbruksverket  
**Examinator:** Ingrid Öborn, SLU, inst. för växtproduktionsekologi

**Omfattning:** 15 hp  
**Nivå och fördjupning:** Grundnivå, G2E  
**Kurstitel:** Självständigt arbete i Biologi  
**Kurskod:** EX0894  
**Program/utbildning:** Agronomprogrammet Mark/Växt  
**Kursansvarig inst.:** Institutionen för vatten och miljö

**Utgivningsort:** Uppsala  
**Utgivningsår:** 2020  
**Omslagsbild:** SLU

**Nyckelord:** ALS-inhiberande herbicider, kemisk ogräsbekämpning, ogräskontroll, resistens, *Stellaria media* (L.) Vill., våtarv

**Sveriges lantbruksuniversitet**

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap  
Institutionen för växtproduktionsekologi

## Arkivering och publicering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Metadata och fulltext blir då synliga och sökbara på internet. I samband med att dokumentet laddas upp arkiveras det även digitalt.

☒ JA, jag ger härmed min tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.  
<https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>

☐ NEJ, jag ger inte min tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och abstract blir synliga och sökbara.

## Sammanfattning

Våtarv (*Stellaria media* (L.) Vill.) är ett annuellt (ettårigt) örtogräs som växer på åkermarker i större delen av världen. Ogräset har låga krav på växtplatsen och kan orsaka skördeförkluster i de flesta odlingssystem. I Sverige och i de övriga nordiska länderna hittas den framförallt i höstsådda grödor.

Olika förebyggande odlingsåtgärder som varierad växtföljd och olika jordbearbetningstekniker kan minska andelen våtarv samt andra ogräsarter. Kemisk bekämpning för att trycka undan ogräs har använts i Sverige sedan 1940-talet. Första fallet av resistens i Skandinavien mot herbicider i våtarv rapporterades år 1991 i Danmark och sedan år 1995 i Sverige. I Norge upptäcktes resistens mot ALS-inhiberande herbicider i våtarv år 2002 och i Finland år 2013. År 2016 bekräftades det första fallet av resistens i våtarv i Lettland.

ALS-inhiberande herbicider används ofta mot våtarv, de är frekvent använda i världen och har flest rapporterade fall av resistens. ALS (acetolactate synthase) enzym är ett protein som finns i växter. ALS katalyserar det första steget i syntesen av grenade kedjeaminosyror (valin, leucin och isoleucin). När syntesen blockeras svälter växten och den dör. En del studier har gjorts kring resistensutveckling i ogräs mot ALS-inhiberande herbicider, då främst mekanismen som bidrar till punktmutation i ALS-genomet. Det behövs dock mer information om till exempel mutationshastighet och skillnad i mutation mellan olika ogräsarter.

För att minska andelen farliga kemikalier i miljön har EU beslutat om ett direktiv för att bland annat minska användningen av pesticider i medlemsländerna. Vid en jämförelse mellan olika länders handlingsplaner och identifiering av resistensfall för våtarv i Sverige, Norge, Danmark, Finland, och Lettland, så verkar situationen vara rätt jämförbara. Alla fem länder jobbar aktivt för att följa direktivet och minska resistensutvecklingen. En viktig del i arbetet mot herbicidresistens är det nordiskt-baltiska nätverket NORBARAG (Nordic Baltic resistance action group).

I en intervjustudie med växtodlingsrådgivare framkom det bland annat att resistensproblematiken hos våtarv inte var så stor. De svenska lantbrukarna verkade också följa EU:s direktiv relativt bra. Åtgärder för att förbättra möjligheterna att upptäcka herbicidresistens vore att öka användandet av obesprutade ytor (så kallade nollrutor) för att kontrollera effekterna av en bekämpning samt att utveckla ett bättre system för kontroll av misstänkt resistens hos ogräsplanter.

*Nyckelord:* ALS-inhiberande herbicider, kemisk ogräsbekämpning, ogräskontroll, resistens, *Stellaria media* (L.) Vill., våtarv

## Abstract

Common chickweed (*Stellaria media* (L.) Vill) is an annual weed species, which grows on farmland almost everywhere in the world. This weed has low demands on its habitat and can cause yield reduction in most cultivation systems. In Sweden and in the other Nordic countries, common chickweed is usually found in winter-sown crops.

Different preventive cultivation measures like variable crop rotation and different tillage techniques can lower the abundance of weeds like common chickweed. Chemical control to suppress weeds has been used in Sweden since 1940s. The first case of herbicide resistance in Scandinavia in common chickweed was reported in 1991 in Denmark and then in 1995 in Sweden. In Norway, resistance against ALS-inhibiting herbicides in common chickweed was found in 2002 and in Finland in 2013. In 2016, the first case of resistance in common chickweed was reported in Latvia.

ALS-inhibiting herbicides are often used to control common chickweed, it is frequently used in the world and has the most cases of resistant weed species reported. The acetolactate synthase (ALS) enzyme is a protein found in plants. ALS catalyzes the first step in the synthesis of the branched-chain amino acids (valine, leucine, and isoleucine). When the synthesis is blocked, the plant starves to death. Rather many studies regarding the development of herbicide resistance have been performed, for example on the mechanism behind the point mutation in the ALS genome. However, more information is required to better understand the mutation rate and differences between weed species.

To lower the amount of dangerous chemicals in the environment, EU adopted a directive to lower the use of pesticides in the member states. When comparing different national action plans and the level of resistance outbreak in common chickweed in Sweden, Norway, Finland, Denmark and Latvia, the situation seems to be rather similar in the five countries. All countries are working according the EU directive and trying to minimize the development of herbicide resistance. One important way of working with herbicide resistance is through the Nordic-baltic network NORBARAG (Nordic Baltic resistance action groupe).

A survey with extension service officers indicated that the problems with herbicide resistance in common chickweed is rather low. The Swedish farmers seem also to follow EU directive relatively well. A possible action to improve the possibilities to discover herbicide resistance is to increase the use of unsprayed patches to control the effects of herbicide treatment and to develop a system to control of suspected resistance in weed plats.

**Keywords:** ALS- inhibiting herbicides, chemical weed control, common chickweed, resistance, *Stellaria media* (L.) Vill., weed management

# Innehållsförteckning

<b>Tabellförteckning .....</b>	<b>9</b>
<b>Figurförteckning .....</b>	<b>10</b>
<b>Förkortningar .....</b>	<b>11</b>
<b>1. Inledning .....</b>	<b>12</b>
1.1. Bakgrund .....	12
1.2. Syfte .....	13
1.3. Avgränsningar .....	13
<b>2. Metod .....</b>	<b>14</b>
<b>3. Biologi och utbredning .....</b>	<b>15</b>
3.1. Biologi .....	15
3.2. Utbredning och förökning .....	16
3.3. Påverkan på skörd .....	17
3.4. Övrigt .....	18
<b>4. Åtgärder mot våtarv .....</b>	<b>19</b>
4.1. Förebyggande åtgärder .....	19
4.2. Mekaniska åtgärder .....	21
4.3. Kemisk bekämpning .....	23
<b>5. Resistensutveckling hos våtarv .....</b>	<b>25</b>
5.1. Utbredning av resistens i Nordeuropa .....	25
5.2. Utveckling av resistens mot ALS-inhiberande herbicider .....	25
<b>6. Integrerat växtskydd (IPM) .....</b>	<b>29</b>
6.1. EU:s direktiv .....	29
6.2. Sverige .....	30
6.3. Norge, Danmark, Finland, Lettland .....	31
6.4. Försäljning av herbicider .....	32
6.5. NORBARAG- Nordic Baltic resistance action group .....	34
<b>7. Intervjuer med rådgivare .....</b>	<b>35</b>

7.1.	Syfte, urval och intervjumetod .....	35
7.2.	Intervjufrågor .....	35
<b>8.</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>40</b>
<b>9.</b>	<b>Slutsats .....</b>	<b>44</b>
	<b>Referenser.....</b>	<b>45</b>
	<b>Bilaga 1 .....</b>	<b>50</b>
	<b>Bilaga 2.....</b>	<b>51</b>
	<b>Bilaga 3.....</b>	<b>52</b>



# Tabellförteckning

Tabell 1. Verkningsmekanism och klass för de vanligaste herbiciderna enligt rådgivare.....	52
--	----

## Figurförteckning

Figur 1. (A) <i>Stellaria graminea</i> (grästjärn-blomma) till vänster, (B) <i>Stellaria media</i> (våtarv) till höger. Illustration Carl Lindman.....	15
Figur 2. Herbicidförsäljning för 2013 och 2016 i kg per hektar brukad mark. Siffror från Eurostat. ....	33
Figur 3. Förändring av herbicidförsäljning i kg per hektar mark mellan perioden 2011–2015 och 2016–2018. Siffror från eurostat.....	33

## Förkortningar

Ala122	Alanin122
Ala205	Alanin205
ALS	Acetolactate synthase
Asp376	Aspartate376
BCAA	Branched-chain amino acids
DNA	Deoxiribonukleinsyra
EU	Europeiska unionen
f.d.	Före detta
Gln	Glutamin
IPM	Integrated Pest Management (integrerat växtskydd)
NORBARAG	Nordic Baltic resistance action group
Pro197	Proline197
Ser653	Serine653
SLU	Sveriges lantbruksuniversitet
Trp574	Tryptophan574

# 1. Inledning

## 1.1. Bakgrund

Våtarv (*Stellaria media* (L.) Vill.) är ett annuellt örtogräs som kan gro under större delen av året. I Sverige gror ogräset främst under perioden april-november (Turkington *et al.* 1980; Lundkvist & Fogelfors 2004). Våtarv är vanligt på åkrar i stora delar av världen (Global biodiversity information facility 2019) och hittas främst i höstsådda grödor (Lundkvist 2014). Ogräs kan orsaka stora förluster i växtproduktionen både genom sänkt avkastning och kvalitet och genom försvårad skörd. Det gör att våtarv och andra ogräs bekämpas regelbundet med förebyggande och direkta metoder som mekanisk och kemisk bekämpning. Kemisk bekämpning med herbicider började användas i större utsträckning under mitten av 1900-talet för att minska förlusterna orsakade av ogräs. Den ökade användningen av herbicider har dock orsakat resistensutveckling hos flera ogräsarter (Fogelfors 2015). Vid en upprepad användning av samma herbicid eller herbicider med samma verkningsmekanism utsätts ogräsen för ett selektionstryck. De ogräs som uppvisar resistens mot herbiciden kommer överleva och föröka sig (Kudsk & Streibig 2003). År 1978 upptäcktes de första resistenta populationerna av våtarv i Tyskland mot så kallade fotosystem II inhiberande herbicider. Efter det har ett stort antal populationer av resistent våtarv identifierats i Europa främst mot ALS (acetolactate synthase) hämmande herbicider men även mot herbicider innehållande syntetisk auxin. Under de senaste åren har problemen med herbicidresistens ökat exponentiellt. ALS-inhiberande herbicider är den herbicidtyp som ger störst problem med resistensutveckling idag (Heap 2020).

Europa är det område i världen som har mest problem med resistent ogräs idag, större problem än till exempel Australien, Kanada och Brasilien. Vete är den gröda där den övervägande delen av resistent ogräsarter har hittats, följt av majs, sojabönor och ris (Heap 2020). Eftersom Europa har stora problem med herbicidresistens och våtarv är en besvärlig ogräsart, där resistens har identifierats vid många tillfällen, var det intressant att göra en sammanställning av kunskapsläget om resistens hos våtarv i vårt närområde.

## 1.2. Syfte

Syftet med denna uppsats var dels att kartlägga resistensutvecklingen hos våtarv mot ALS-inhiberande herbicider i norra Europa. Detta genomfördes på följande sätt. (I) Först gjordes en litteraturgenomgång rörande våtarvens biologi, vilka förebyggande, mekaniska och kemiska åtgärder som används och hur resistens uppstår i våtarv. (II) En kartläggning genomfördes av hur utbrett resistensproblematiken hos våtarv var i Norge, Sverige, Danmark, Finland och Lettland. Dessa länder ingår i det internationella samarbetet, NORBARAG (Nordic Baltic resistance action group) som arbetar med forskning om pesticidresistens och undersökningar rörande pesticideffektivitet. (Gronbech Hansen 2020a; b). Varje land har tagit fram en handlingsplan för att minska användningen av kemiska bekämpningsmedel utifrån EU:s direktiv. Handlingsplanerna utvärderades för att se om det fanns en koppling mellan handlingsplan och resistensproblematik. (III) Slutligen genomfördes en undersökning av hur arbetet mot herbicidresistens fungerar i Sverige. Detta gjordes via en intervjustudie med växtodlingsrådgivare i södra och mellersta Sverige där frågor om Sveriges handlingsplan och rådgivarnas arbete för att minska andelen resistent ogräs togs upp.

Frågeställningarna för uppsatsen var:

- Vilken bekämpningsåtgärd är bäst vid bekämpning av våtarv?
- Hur uppstår herbicidresistens hos våtarv?
- Finns det någon koppling mellan länders handlingsplaner och resistensproblematiken hos våtarv?
- Finns det något i Sveriges arbete för att minska andelen herbicidresistent ogräs som kan förbättras?

## 1.3. Avgränsningar

Till skillnad från vissa andra ogräsarter så har relativt få undersökningar gjorts på våtarv (Marshall *et al.* 2010). För att få en tydligare bild användes en del av de forskningsstudier som gjorts på andra ogräsarter utöver de som fanns på våtarv. Arbetet avgränsades till att fokusera på resistensutveckling mot ALS-inhiberande herbicider. Alla förebyggande och mekaniska åtgärder som används i jordbruket togs inte upp utan endast de som hittats i litteraturen om bekämpning av våtarv.

För att få ett bredare perspektiv på resistensproblematiken så studerades, utöver Sverige, även Norge, Finland och Danmark. För att få ytterligare perspektiv på resistensproblematiken utanför de nordiska länderna breddades undersökningen till att inkludera de baltiska länderna som deltar i samarbetet NORBARAG. Dock hittades ingen information om våtarvsresistens i Estland och Litauen vare sig NORBARAGs hemsida eller på den internationella databasen för herbicidresistens (Heap 2020) och dessa länder valdes bort.

## 2. Metod

Uppsatsen är både en litteraturstudie och en kvalitativ intervjustudie. Litteraturen som använts är vetenskapligt granskade artiklar som sökts på SLU bibliotekets söktjänst Primo, med nyckelorden "*Stellaria media*", "resistence", "herbicide" och "mechanical weed control". Kraven på litteraturen var att de skulle vara vetenskapligt granskade och publicerade i en vetenskaplig tidskrift. Utöver det har artiklar från Jordbruksverket, Europeiska unionen, Weed Science Society of America, The International Herbicide-Resistant Weed Database, m fl använts.

Intervjuer gjordes med växtodlingsrådgivare runt om i landet via telefon, Skype eller teams. Innan intervjun skickades ett mejl med fem punkter som översiktligt beskrev vad som skulle tas upp i intervjun (bilaga 1). Till själva intervjun hade tolv frågor förberetts med några följdfrågor (bilaga 2). Då intervjun skedde virtuellt var det viktigt med tydliga frågor för att undvika missförstånd. Fördelen med intervjuer ansikte mot ansikte är att samtalet flyter på lättare och att den personen man intervjuar kan komma med idéer som man själv inte tänkt på. Fördelen med telefon- och video-intervjuer är att jag har kunnat intervjuar rådgivare från stora delar av landet utan att behöva resa. Intervjusvaren bedömer jag inte vara vetenskapliga data men jag anser att de ger en bra och värdefull insyn i hur det ser ut hos lantbrukarna och hur rådgivarna resonerar kring dessa frågor. Rådgivarna är en mycket viktig länk i arbetet att motverka utveckling av herbicidresistens i Sverige, så det är väsentligt att förstå deras tankesätt och syn på problemet.

Uppsatsen har följande struktur: Först görs en genomgång av våtarvens biologi och utbredning. Sedan tar uppsatsen upp de kontrollåtgärder som används mot våtarv, både mekaniska och kemiska. Därefter beskrivs resistensproblematikens utbredning i de fem länder som jag valt att studera, och sedan beskrivs hur resistens uppstår i våtarv. Fyra av de fem länderna är med i EU och måste följa EU:s direktiv för hållbar användning av bekämpningsmedel. För att förstå ländernas metod för att minska resistens görs en genomgång av detta. Efter EU:s direktiv och de fem ländernas handlingsplaner kommer intervjudelen av rådgivarna. Sist i uppsatsen kommer diskussion och slutsats.

### 3. Biologi och utbredning

#### 3.1. Biologi

Våtarv (*Stellaria media* (L.) Vill) tillhör familjen nejlikväxter (*Caryophyllaceae*). Nejlikväxter har 4, ungefär lika långa ståndare, ett enkelt hylle (foder och kronblad), vanligtvis ett fruktämne (pistill) och bladen är motsatta. Nejlikväxter har blommor i knippen eller tätt ihop packade, vanligtvis med 5 foder och kronblad (Krok *et al.* 2013). Det finns ca 90 släkten och över 2000 arter av nejlikväxter, varav 23 släkten och nästan 90 arter finns i Sverige. De mest välkända arterna av nejlikväxter i Sverige är grässtjärnblomma, nattglim och våtarv (Den virtuella floran 1999) (Figur 1).

Våtarvens stam är rund och ensidigt hårig under varje internod. Bladen sitter motsatta och är äggförmiga, ofta lite spetsiga, kala och mellan 3–20 mm. Skotten är ljusgröna och hjärtbladen har en tydlig mitt-ven. Petriolen hos hjärtbladen är nästan lika lång som bladytan och har små fina hår vid basen. Äldre skott har karakteristiska hår på ena sidan av stammen (Sobey 1981). Foderbladen, oftast fem sitter separat, är håriga och oftast 4,5–5 mm breda. Kronbladen, ofta fem, 3–6,5 mm breda vita och i mitten nästan till basen kluvna och kortare än foderbladen. Våtarv har 3 stift, mellan 3–7 ståndare, där ståndarknappen är rödviolett. Fröämnet som är en kapsel är mellan 0,9–1,3 mm i diameter, kan vara platta eller runda och ibland avsmalnade mot basen. Kapseln har fem till sex rader av små utbuktningar och är gulaktig till mörkrödbrun (Turkington *et al.* 1980; Sobey 1981; Krok *et al.* 2013). Våtarv har en tunn gulaktig pålrot vars laterala rötter växer något snär horisontellt och fyller det översta jordlagret med många små fina rötter berikad med små rothår (Sobey 1981).



Figur 1. (A) Grässtjärnblomma *Stellaria graminea* L. (B) Våtarv *Stellaria media*. Illustration Carl Lindman

Våtarven kan både växa krypande och klättrande. Den allokerar större delen av sin energi till stam och blad, 76 %, och ca 6 % till rötterna. I fält bildar våtarven vanligtvis en mattliknande struktur under grödan. Är förhållanden gynnsamma kan våtarvens noder skapa rötter, vilket är speciellt fördelaktigt i störda habitat (Turkington *et al.* 1980). Trots förmågan att skapa nya rötter, är det huvudsakliga reproduktionssättet via frön (Sobey 1981).

Arter som bokarv (*Stellaria neglecta*, Weihe) och blekarv (*Stellaria pallida* (Dumort.) Crépin) kan lätt misstas för våtarv. Bokarvens kronblad är däremot lika långa som foderbladen, de har i regel 10 ståndare, med mörkgröna blad och de växer vanligtvis i mullrika lövskogar. Blekarv har inga kronblad, 1-3 ståndare, ljusgröna blad och växer i skogsbryn eller sandiga havsstränder (Sobey 1981; Krok *et al.* 2013).

### 3.2. Utbredning och förökning

Våtarv har hög genotypisk- och fenotypisk flexibilitet, olika plantor kan variera i storlek, behåring, bladens längd, antal ståndare och formen på bladen. Även på en och samma planta kan antalet ståndare variera (Turkington *et al.* 1980). Andelen ljusinstrålning kan påverka bladstorlek och behåring på stammen (Sobey 1981) Våtarv växer i hela världen bland annat i USA, Europa, Kina och Australien (Global Biodiversity Information Facility 2015). I Sverige förekommer den från Skåne till Torneträsk i Lappland (Krok *et al.* 2013). Det äldsta fyndet av våtarvsfrön har hittats i preglaciala mesolitiska avsättningar från Storbritannien. Våtarv trivs bäst i fuktiga, kalla och störda områden med pH 5,2-8,2 (Den virtuella floran 2004; Turkington *et al.* 1980) Den optimala temperaturen för groningen är mellan 12-20 grader Celsius (Turkington *et al.* 1980). Det har dock rapporterats om fall där våtarv överlever långt under optimaltemperaturen. Sobey (1981) refererar till 3 olika artiklar som beskriver våtarvens överlevnadsförmåga i kalla klimat. I vilt tillstånd har våtarvsplantor överlevt i -4 grader Celsius, under ett snötäcke med lufttemperatur på -27 grader Celsius samt vid frost. Våtarv har även bevisats vara tålig mot både torka och vattenmättade förhållanden. I ett växthusförsök som Sobey (1981) refererar till överlevde våtarv både vid torka och övervattning dock med minskad biomassa. Försöksresultatet visade också att den optimala vattenhalten för våtarv var vid 70 % av jordens vattenhållande förmåga.

Våtarv har inga speciella krav på jordmån utan trivs på alla sorters jordarter, både lera, mjåla, mo och sand (Lundkvist & Fogelfors 2004). Det har rapporterats att den kan vara mer konkurrenskraftig på tyngre jordar. Olika undersökningar i växthus indikerar att våtarv påverkas mycket av andelen näring i marken och då framförallt kväve. Ju mer näring det finns desto större biomassa (Sobey 1981).

Våtarv är ett annuellt ogräs och gror under hela växtsäsongen, vilket vanligtvis är under april-november i Sverige. De vanligaste groningenstidpunkterna är dock



under tidig vår eller sen höst; april-juni respektive augusti-oktober i Sverige (Turkington *et al.* 1980; Lundkvist & Fogelfors 2004). Våtarvplantor som gror under hösten, tål kalla vintrar och kan övervintra i sitt vegetativa stadi. En hypotes om hur våtarven kan överleva vintern är att ett högre osmotiskt tryck bildas i cellerna med hjälp av ökad koncentration av socker. Våtarv skulle på så sätt förebygga iskristallbildning i cellerna. Vid kallare vintrar, då temperaturen är för ogynnsam för våtarven sker övervintringen via frön (Turkington *et al.* 1980).

Medellivslängden för våtarv är fem till sju veckor och de kan ha mellan, 1–3 generationer per år. Våtarv är en skuggtålig växt och ett frö som nyligen släppts från moderplantan kan gro i mörker om det är rätt temperatur, fuktighet och pH. Frön som legat i jorden längre tid eller som inte har gynnsamma förhållanden behöver ljus för att kunna gro (Turkington *et al.* 1980). Vissa frön har ett eftermognadskrav innan de kan gro, som temperaturförändring eller solstrålning. På ett fält kan alla groningsstrategier vara närvarande (Sobey 1981).

Endast ett fåtal frön av våtarv gror under 2 cm och det optimala gronings djupet är på 0,5-1 cm (Sobey 1981). Våtarvens frön kan överleva i jorden upp till 5 år, ibland längre (Lundkvist & Fogelfors 2004). Efter ett år ligger groningsprocenten på 95–97 %, efter 3 år på cirka 70 % och efter 10 år på 22 %. Fröna sprids passivt med vind, på djur, maskiner, med utsäde eller genom djurens matsmältningssystem (Turkington *et al.* 1980; Mellqvist 2019). Medelvikten av 1000 våtarvsfrön är mellan cirka 0,4 g och 0,5 g. I medel har en våtarvsplanta 9–10 frön per frukt, men det kan variera mellan 1–20 frön per frukt. Varje planta kan producera mellan 500 och 2500 frön och mellan 5,1 miljoner och 15 miljoner producerade frön per hektar har rapporterats. Våtarv är nästan homogen och till stor del självbefruktande (Turkington *et al.* 1980). Blomman är ofta bara öppen en kort stund under en dag vid självpollinering. Men om självpollinering inte kan ske öppnar sig blomman flera gånger under flera dagar så att korspollinering med hjälp av insekter kan ske. Självpollineringen har inte visat sig ha några negativa effekter på våtarvens livskraft eller utveckling jämfört med korspollinering (Sobey 1981).

### 3.3. Påverkan på skörd

Våtarv är vanligast i höstsäd (Lundkvist & Fogelfors 2004), och kan orsaka förluster upp till 80 % i vete (Slavokhotova *et al.* 2017). Den skapar även stora problem i höstoljeväxter och är i Storbritannien det vanligaste ogräset i höstrapsfält (Lutman *et al.* 2000). Arten förekommer också i vårsäd och i andra grödor, som potatis, sockerbetor och i viss mån vall. Då våtarv är skuggtålig trivs den i grödor och sorter som bildar ett tätt bestånd vilket ger den en konkurrensfördel mot andra icke skuggtåliga ogräs (Lundkvist & Fogelfors 2004). Turkington *et al.* (1980) refererar till rapporter från Kanada där våtarv täcker 15 % av marken i jordgubbs- och hallonodling och 80–100 % marktäckning i korn och potatis. Författarna

nämner dock inte vilken skördeförlust dessa marktäckningsprocent orsakar. Utöver det refererar Turkington *et al.* (1980) till en studie i korn där våtarv har orsakat en skördeförlust på 66–80 %.

Ogräs är problematiskt på åkermark då de konkurrerar med grödorna om näring, vatten, ljus och till viss del utrymme. Konkurrens kan även leda till sämre kvalitet på skörden i form av lägre protein- och oljehalt (Fogelfors 2015). Genom att konkurrera med grödorna om rotutrymme och kan våtarv till exempel trycka undan korn då våtarvens rötter växer snabbare än kornets rötter. Våtarvens kan kväva uppkomna skott av grödor på grund av dess matt-bildande egenskap (Turkington *et al.* 1980). Våtarvsfrön kan vara svåra att rensa ur skördat frö, speciellt klöverfrön (Lundkvist 2014). I våtarv kan olika virus och svampar överleva och sedan infektera grödorna på fältet. Viruset kan sedan spridas av till exempel bladlöss från våtarv till grödan. Olika patogener som rapporterats i Kanada hos våtarv är Grönsmosiakvirus (*cucumber mosaic virus*), phomaröta (*Phoma foveata*) och tobaksrattelvirus (*tobacco rattle virus*) (Turkington *et al.* 1980).

### 3.4. Övrigt

Ogräs har inte enbart negativa aspekter. Historisk sett har många av ogräarterna varit viktiga beståndsdelar i mediciner (Fogelfors 2015). Våtarv sägs vara effektiv mot olika hudsjukdomar och inflammation. Den ska även verka vätskeutdrivande, uppmjukande och slemlösande samt ha en laxerande verkan. Våtarv är rik på ”vitamin E, C, B2, B1, niacin, rutin, gammalinolensyra, mineralämnen och fytokemiska ämnen som phlobatannins, saponins och alkaloider” (Slavokhotova *et al.* 2017). Våtarv är därför populär att äta i till exempel sallader (Slavokhotova *et al.* 2017) och används ibland till djurfoder (Laforest & Soufiane 2018).

## 4. Åtgärder mot våtarv

### 4.1. Förebyggande åtgärder

Användningen av växtföljder där ett- och fleråriga grödor samt höst- och vårsådda grödor varierar är en av de mest effektiva metoderna för ogräskontroll. Detta eftersom olika typer av grödor med tillhörande odlingstekniker kommer att gynna olika typer av ogräs. Behovet av ogräskontroll varierar os olika grödor. Traditionellt sett har potatis använts som en saneringsgröda innan grödor som har sämre konkurrensförmåga mot ogräs odlas (Bond & Grundy 2001). Stråsäd som vårkorn kan konkurrera starkt mot ogräs och behöver inte lika stor ogräskontroll som grönsaker. Grödor som lök och morötter som direktsåts behöver hållas nästan ogräsfria och kräver därmed mer ogräsbekämpning (Hatcher & Melander 2003). Ett långliggande försök med fyra olika odlingssystem och mekaniska åtgärder genomfördes i USA 1990–2002. Odlingssystemen var (i) konventionell odling med plöjning, (ii) konventionell odling utan plöjning, (iii) konventionell odling med reducerade insatsmedel (gödsling, herbicider), stubbearbetning och harvning, samt (iv) ekologisk odling med stubbearbetning och harvning. I konventionell (i) och reducerad jordbearbetning (ii) var biomassan av ogräs högst i sojabönor, medel i majs och lägst i vete. I ekologisk odling (iv) och konventionell odling med reducerade insatsmedel (iii) var mängden biomassa av ogräs högst i vete och minst i sojaböna och majs. Försöket stödjer tesen att olika grödor påverkar ogräsmängden (Davis *et al.* 2005).

Olika typer av insädd i grödorna kan minska jorderosion och bibehålla jordens fertilitet (Bond & Grundy 2001). Så kallade *cover crops* (mellangrödor eller fånggrödor (Fogelfors 2015)) har som huvudfunktion att minska erosion och utlakning av näringsämnen mellan odlingssäsonger (Bond & Grundy 2001). En annan typ av insädd är där båda grödorna på fältet bedöms viktiga. Avkastningen för vardera grödan minskar men den totala avkastningen för på fältet ökar (Hatcher & Melander 2003), vilken i Sverige brukar kallas insåningsgröda (Fogelfors 2015). Under hösten kan mellangrödorna trycka undan ogräs genom snabb täckning av marken vilket ger ogräsen begränsat utrymme och mindre näring. Årslänga ogräs kan minska med 90 % vid användning av mellangrödor (Bond & Grundy 2001).

Vitsenap, boquete, solros, grävklover (f.d. subklöver) och lin är exempel på mellangrödor som i växthusförsök effektivt minskade groningenprocenten och/eller biomassan hos våtarv (Sturm *et al.* 2016). Efter vintern kan mellangrödan klippas ner och lämnas som kompost. Detta är dock inte alltid gynnsamt, till exempel klippt kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) i kål har visats sig minska avkastningen hos grödan troligtvis på grund av allopati. Allopati är en direkt eller indirekt kemisk effekt av en planta på groningen, tillväxten eller utvecklingen på en närliggande planta. Klöver som insåningsgröda i spannmål är ett exempel som har visats sig vara effektiv både för att trycka undan ogräs men även för att förbättra jordstruktur och näring. Användningen av insåningsgröda kan vara komplicerat då den insådda växten kan minska avkastningen genom att konkurrera med grödan. (Bond & Grundy 2001).

Grödor som kommer upp innan ogräs har en konkurrensfördel. Grödans styrka är särskilt viktig i tidig etablering. För grönsaker kan förgroning vara effektivt för att få en bra etablering av grödan. Genom att använda högre utsädesmängd alternativt så i tätare rader kan ogräsmängden minska. Ökad täthet av vårvegetation och kortare radavstånd har god effekt i att trycka undan våtarv, förutsatt att vetet hinner gro innan våtarven (Olsen *et al.* 2006).

Falsk såbädd innebär att jorden förbereds med kultivator, plog och/eller harv en period (dagar, veckor eller månader) innan sådd sker. Ogräsen lockas att gro och förstörs sedan i samband med sådden. Effekten av den falska såbädden är dock beroende av vädret, då jordens fukt är en viktig faktor som påverkar hur effektiv tekniken är (Melander *et al.* 2005). I grönsaksodlingar i Sverige används ofta falsk såbädd i kombination med fördröjd sådd. I falsk såbädd harvas fältet för att förbereda för sådd. Efter sista såbäddsharvningen får fältet ligga orört en viss tid, och det blir en fördröjd sådd. Rekommendation är att harva på våren om marken har plöjts under föregående höst. Fältet ska sedan ligga orört i 1–2 veckor så att ogräsfrön hinner gro. Har fältet inte plöjts under hösten bör en plöjning alternativt djupkultiverings ske under våren följt av 2–3 falska såbäddar. Harvning strax innan sådd ska inte ske djupt då ogräsfrön som ligger en bit under markytan kan lockas att gro. För bästa ogräseffekt ska falsk såbädd genomföras flera gånger. Innan sådd kan en kemisk bekämpning eller flamning också döda ogräs som grott (Ascard 2015). Att medvetet försena sådden av grödor kan också sänka skörden. I vissa fall sänks dock inte skörden med mer än kostnaden som skulle behövts för att bekämpa ogräsen på annat sätt (Melander *et al.* 2005).

De flesta ogräs som etablerar sig i ett fält beror på de frön som finns i fröbanken. Men det förekommer även spridning av frön mellan fält genom bland annat maskiner, gödsel och kompost. Vid användning av egenproducerat utsäde är det viktigt att rensa utsädet för att minska risken för kontaminering av ogräsfrön (Bond & Grundy 2001). En viktig förebyggande åtgärd är således att rengöra maskinerna,

speciellt balpressar då de är den vanligaste orsaken till spridning av ogräsfrön mellan fält (Mellqvist 2019).

Marktäckning antingen med organisk eller oorganiskt material kan vara effektiv mot ogräs genom att den hindrar ljusstrålning ned till marken. Täckningen kan läggas över en större yta innan sådd eller mellan rader i växande gröda. Halm, bark och komposterat grönt avfall kan vara effektiv täckning men det är relativt kostsamt eftersom minst 3 cm lager behövs för att effektivt trycka undan ogräs. Utöver kompost och plast som är vanliga täckningsmaterial kan levande växter också ses som en form av täckning, som mellangrödor och insåningsgrödor (Bond & Grundy 2001).

## 4.2. Mekaniska åtgärder

Det finns flera varianter av mekaniska bekämpningsmetoder mot ogräs; olika sorter av hackor, kedje- och pinnharvar, plogar, ogräsborstar, slåttermaskiner och grästrimmer (Bond & Grundy 2001; Fogelfors 2015).

Ur kontrollsynpunkt är plogens huvudsakliga uppgift att vända nyligen drödade ogräsfrön djupt ner i marken. Vid återkommande plöjning kan dock plogen vända upp dessa frön igen och de kan börja gro (Bond & Grundy 2001). Plöjning kan ske ner till ett djup av 30 cm men ibland görs den grundare, 10–20 cm, för att spara energi och minska koldioxidutsläpp. Ett mindre plöjningsdjup kan dock ge mer ogräs (Gronle *et al.* 2015).

Alternativ till plöjning är så kallad plöjningsfri odling. Det finns olika varianter av plöjningsfri odling men principen är att bearbetning sker på ett grundare djup än vid plöjning. Ett annat alternativ är att plöja med några års mellanrum istället för varje år. Reducerad jordbearbetning kan ha ett antal fördelaktiga effekter med högre halt organiskt material i det översta skiktet, minskad jorderosion och ökad biodiversitet i marken (Bond & Grundy 2001; Hofmeijer *et al.* 2019). Problemet som lyfts fram med reducerad jordbearbetning är att antalet ogräsarter ökar med antalet år som bearbetningssystemet används (Tørresen *et al.* 2003; Davis *et al.* 2005). Våtarvens respons på reducerad jordbearbetning varierar över åren troligtvis på grund av variation i väder och grödans konkurrenskraft under växtsäsongen. Det är främst väderförhållanden under året som verkar påverka hur många frön som gror. Överlevnaden under vintern är större vid reducerad jordbearbetning, vilket ökar den potentiella överlevnaden hos ogräsen. Om våtarv överlever vintern blir den större och svårare att kontrollera under våren. I reducerad jordbearbetning kan herbicider behövas som komplement (Tørresen *et al.* 2003).

I det långliggande försöket som genomfördes i USA (Davis *et al.* 2005) hade odlingssystem (iii), med mindre kemiska medel samt stubbearbetning högre antal frön i fröbanken jämfört med konventionell (i) och reducerade jordbearbetning (ii) samt högre biomassa av ogräs. Artdiversiteten och densiteten av frön var dock lägre

både i systemen med ekologisk odling (iv) och låg insatts av kemiska medel (iii). Hur detta resultat påverkade avkastningen gav studien dock inte svar på. Systemet med ekologisk odling (iv) hade lägst antal frön efter 5 år men författarna ansåg att detta berodde på låg näringstillförsel och därför sämre avkastning. Stubbearbetning innebär att en eller flera överfarter görs med kultivator eller tallrikredskap. Stubbearbetning kan locka till groning hos vinterannueller efter skörd för att sedan förstöras (Lundkvist 2014).

Ogräsharvning kan ske både före och efter att grödan har kommit upp. Harvas fältet innan grödan har kommit upp kallas det blindharvning där ogräsplantor som grott dras upp och skadas (Bond & Grundy 2001). Blindharvning avser i Sverige både harvning innan och vid uppkomst av grödan. Skador på grödan undviks genom att harvning sker grundare än sådjupet, samt att de flesta grödor har ett skyddande hölje kallat koleoptil vid uppkomst (Jordbruksverket 2015). Beroende på ogräsets förankringsstyrka i marken och höjd dras de upp olika lätt. För att få bäst effekt är upprotning viktigare än att täcka ogräsen med jord (Hatcher & Melander 2003). Den svenska rekommendationen tar däremot upp täckning av jord som viktigaste aspekten vid ogräsharvning. En av anledningarna till att täckning med jord är så viktig är att små fröogräs är mer känslig mot övertäckning än vad de flesta grödorna är (Jordbruksverket 2015). I en jämförelse mellan kedje- och pinnharv i höstvet, med olika antal överfarter under både vår och höst visade det sig att ogräsharvning under våren gav störst effekt på våtarv, då ogräset var större. Harvning under hösten när våtarven var mindre gav dock inga signifikanta effekter (Wilson *et al.* 1993). Pinnharvar kan vara mindre skadliga för grödan enligt Bond & Grundy (2001), men Wilson *et al.* (1993) hittade ingen skillnad i skadorna på vare sig våtarv eller höstvet.

Radhackor i olika utföranden, med fasta, vibrerande eller roterande delar skär genom jorden till ett djup av 2–4 cm. Hackor är effektivast när de skär igenom jorden och vänder upp den. För bäst ogräseffekt ska jorden vara torr någon dag efter överfarten med hackan (Bond & Grundy 2001). Hackor är oftast mest effektiva när ogräsen är små. Om ogräsen har blivit för stora kan det behövas fler hackningar, vilket i sin tur kan skada grödan. Oftast görs ogräshackning i början av grödans tillväxt, men utförs åtgärden mot ogräsen i ett senare stadie är grödan bättre rustad att klara av en intensivare bekämpning (Hatcher & Melander 2003). Ytterligare ett redskap som kan användas mellan växtraderna är ogräsborstar. Ogräsborsten består av en roterande nylonborste som effektivt borstar upp ogräsen ur jorden. Skillnad mellan radhacka och ogräsborste är att ogräsborsten kan användas på fuktigare jord än vad radhackan kan. För att minska skadan på grödorna kan radhackorna och ogräsborstarna ha tillhörande diskar eller plattor som skyddar grödan. De har även kommit ny teknik som minskar skador på grödan, till exempel bildigenkänning som använder sig av blad form, färg och ljusreflektion för att skilja på gröda och ogräs (Bond & Grundy 2001).

Avslagning med slåttermaskiner och grästrimmer tar endast bort bladmassan av ogräsen. Denna metod är ofta svår då vissa ogräs kan skjuta nya skott från rötter eller stamdelar som blir kvar i jorden. Trots att avslagning av ogräsen sällan är den effektivaste lösningen kan den tillsammans med herbicider vara verkningsfull (Hatcher & Melander 2003).

### 4.3. Kemisk bekämpning

Det första kemiska bekämpningsmedlet i Sverige var järnsulfat och efter 1920-talet efterföljdes det av svavelsyra, kalkkväve, natriumklorat och en blandning av järnsulfat och gips. Det var inte förrän i mitten av 1900-talet som kemiska bekämpningsmedel började användas i större utsträckning, och då var svavelsyra den vanligaste bekämpningsmedlet. Under 1940-talet kom de första organiska ogräsmedlen till Sverige, dinitrofenoler och fenoxiättiksyra. Mellan 1950–1970 kom ett flertal nya preparat som triaziner, fenoxipropionsyrapreparat (mekoprop, diklorprop) och glyfosat. På 1980-talet kom de första medlen där en mindre mängd kunde användas per ytenhet, medlen kallades en-isomerpreparat. Nästa upptäckt var 1984, då de första ALS-inhiberande herbiciderna, sulfonyleureorna kom ut på marknaden. De blev snabbt väldigt populära på grund av den låga dosen som behövdes per ytenhet, endast några gram per hektar istället för de tidigare kg per hektar. Deras popularitet berodde också på deras breda spektrum av ogräskontroll och breda applikationsfönster (Tranel & Wright 2002; Fogelfors 2015). Nackdelen med herbicidgruppen är dock dess förmåga att selektera fram resistens hos ogräspopulationer (Tranel & Wright 2002). Sedan 1980-talet har 5 olika klasser av ALS herbicider introducerats, sulfonyleureor som var den första, primidinyl beonzoater, triazolopyrimidin TYP-1, imidazolinoner och triazolinoner som är den nyaste klassen (Herbicide Resistance Action Committee 2020).

Acetolactate synthase (ALS), även kallat acetohydroxyacid synthase (AHSA), sköter syntes av isolencin, valin och leucin som alla är grenade kedjeaminosyror (Branched-chain amino acids, BCAA) (Tranel & Wright 2002; Binder *et al.* 2007; Fagan & Palfey 2010). BCAA är vanliga beståndsdelar i de transmembrana regionerna hos membranproteiner (Binder *et al.* 2007; Fagan & Palfey 2010). ALS-inhiberande herbicider tros leda till svält av BCAA då de inte kan syntetiseras. Sekundära effekter som också diskuteras är förökning av  $\alpha$ -ketobutyrat, störning av proteinsyntes och störning av fotosyntestransport (Tranel & Wright 2002).

Den rekommenderade dosen som ska användas vid kemisk bekämpning av ogräs anges på herbicidens förpackning. Oftast står det en maxdos på förpackningarna och en lägre dos kan användas om förhållandena är gynnsamma. En oro kring låga doser är dock att de selekterar fram resistens i en ogräspopulation snabbare än höga doser. Faktorer som påverkar hur mycket man kan minska dosen samtidigt som den är effektiv är vilken ogräsart det är, dess storlek, sprutans kvalité och miljöfaktorer

(Kudsk & Streibig 2003) som temperatur, ljusinstrålning, fuktighet och nederbörd (Kudsk 2007). Svensk rekommendation om herbicidanvändning är bland annat att man kan använda en lägre dos vid till exempel god markfuktighet och god tillväxt. Exempel på när högre dos kan användas är vid ojämn och svag gröda. Utöver doser ges råd om hur lantbrukare kan minska risken med att förorena vatten. Åtgärder för att minska risken för spridning är bland annat att ha en platta med uppsamling av farligt avfall samt att ha skyddsavstånd till diken och brunnar med mer. Diflufenikan som är ett ämne som finns i produkterna Diflanil och Legacy är effektiv för att bekämpa våtarv. Problemet med diflufenikan är att de lätt förflyttas via markporsystemet ut till vattendrag där de är farliga för vattenlevande organismer. Råden till lantbrukare är därför att minska användning av produkter som innehåller diflufenikan samt ha skyddszoner runt olika vattendrag och liknande. För bäst effekt av herbiciden bör även lantbrukaren ha koll på pH värdet i vattnet, då pH kan påverka effektiviteten. Ytterligare behöver lantbrukaren ha koll på hur långt ner i grödan som de vill ha herbiciden. Hög körhastighet kommer till exempel avsätta herbiciden högre upp i grödan. Ökas trycket på sprutan kommer däremot herbiciden avsättas längre ner i grödan. Normalt enligt svensk rekommendation är besprutning under morgon eller kväll mest optimal för lyckad bekämpning (Andersson *et al.* 2020).



## 5. Resistensutveckling hos våtarv

### 5.1. Utbredning av resistens i Nordeuropa

Våtarv med resistens mot herbicider har rapporterats från stora delar av världen, exempelvis Belgien, Danmark, Frankrike, Kanada, Kina och Sydafrika (Heap 2020). Det första fallet av resistens mot herbicider i våtarv i norra Europa upptäcktes år 1991 i Danmark, då mot en ALS- inhiberande herbicid (Heap 2020). Danska forskare har i en studie konstaterat att 15 % av insamlade plantprover hade resistens mot herbicider (Mathiassen & Kudsk 2016). År 1995 upptäcktes resistens mot herbicid i våtarv i Sverige (Heap 2020). År 2018 fanns det 19 bekräftade fall av resistens mot tribenuronmetyl (Express) och 6 bekräftade fall av resistens mot florasulam (Primus) (Andersson *et al.* 2020). I Norge upptäcktes resistens mot ALS- inhiberande herbicider i våtarv år 2002. I Finland bekräftades det första fallet av resistens år 2013, då mot ALS- inhiberande herbicider (Heap 2020). Norge och Finland har inga officiella siffror på resistensproblemets utbredning. År 2016 bekräftades det första fallet av resistens i våtarv i Lettland (Heap 2020). Landet har gått ut med att problemet har ökat mellan 2013 och 2015. De har även sett en koppling mellan resistensutbredningen och upprepade besprutning med herbicider (Necajeva & Erdmane 2017).

### 5.2. Utveckling av resistens mot ALS-inhiberande herbicider

Resistens uppstår då en population som förut kontrollerades av ett preparat inte längre kan kontrolleras av samma preparat (Soteres & Peterson u.å). Förändringen som leder till resistens måste vara genetiskt betingad annars kallas det för skenresistens (Fogelfors 2015). För herbicider är det ofta osäkert vad som orsakat resistensutvecklingen. Många gånger är det appliceringen som är orsaken till oförmåga att kontrollera ogräset, då herbiciden kan variera i effektivitet beroende på vädret vid appliceringstidpunkten eller fel appliceringsmetod. När resistens är den bekräftade orsaken till den misslyckade kontrollen är det troligtvis på grund av

upprepad användning av en typ av herbicid eller herbicider med samma verkningssätt över en längre tid (Soteris & Peterson u.å; Tranel & Wright 2002; Whaley *et al.* 2007)

Efter att den första ALS-inhiberande herbiciden, sulfonylureorna, kom ut på den internationella marknaden upptäcktes resistens mot herbiciden efter endast 5 år. Idag är ALS-inhiberande herbicider den herbicidtyp som har flest resistensfall i världen (Tranel & Wright 2002; Heap 2020). ALS-inhiberande herbicider begränsar syntes av de essentiella aminosyror isolencin, valin och leucin (Tranel & Wright 2002; Binder *et al.* 2007; Fagan & Palfey 2010). Resistens uppstår vanligtvis hos en planta på grund av en minskad känslighet hos ALS-enzymet mot herbiciden, orsakat av en mutation i genomet (Tranel & Wright 2002; Whaley *et al.* 2007). ALS-genomet i växter har en naturlig varians och olika mutationer kan ske. Hur ofta mutationer sker, alltså mutationshastigheten, varierar mellan olika ogräsarter. Exakt vilken mutationshastighet som olika arter har är dock dåligt undersökt. Det som är känt är att ALS-genomet har fler variationer och högre frekvens av resistent ALS-alleler relativt andra målgener för andra herbicider (Tranel & Wright 2002). Det finns även fall där resistensen har uppstått på grund av ökad metabolism av herbiciden och därmed detoxifiering av den (Tranel & Wright 2002; Whaley *et al.* 2007). Hos ogräs som styvrep ( *Lolium regidum* Gaud.) och renkavle ( *Alopecurus myosuroides* Huds.) har en detoxifiering av herbiciden lett till en låg nivå av korsresistens mot ALS-inhiberande herbicider (Tranel & Wright 2002).

Olika teorier har lyfts fram som orsak till att ALS-inhiberande herbicider har så högt antal fall av resistent ogräspopulationer. Teorier om att det orsakas av den höga användningen och dess jordaktivitet håller inte då andra herbicider har samma egenskap men inte lika många fall av resistent populationer. Även då den teorin troligtvis är en bidragande faktor bör andra förklaringar undersökas. En annan teori är att det beror på att de resistent ALS-allelerna är dominanta (Tranel & Wright 2002; Whaley *et al.* 2007). Alleler är en alternativ version av en gen som kan ge märkbara fenotypiska förändringar. Genen i sin tur får information utifrån en dna-sekvens (Campbell *et al.* 2018). Då den resistent ALS-allelen är dominant kommer en växt som har en resistent ALS-allel och en känslig ALS-allelen vara resistent. Ytterligare en bidragande orsak kan vara att de resistent ALS-generna sprids med frön och pollen, till skillnad från till exempel gener som uppvisar resistens mot fotosystem II- inhibitorer, triazines, som endast sprids med frön hos de flesta arterna (Tranel & Wright 2002; Whaley *et al.* 2007). Vid undersökningar om växters fitness, alltså styrka och förmåga att överleva, påverkas av mutation i ALS-genomet har det inte hittats några bevis på att fitness minskar (Kudsk *et al.* 1995; Tranel & Wright 2002). Vissa studier har kunnat visa att en mutation i ALS-genomet som leder till resistens kan ge en fitness-fördel då det sker en ökad ackumulering av BCAA (branched-chain amino acids). Den ökade halten av BCAA ska då leda till

att fröna hos resistent plantor gror fortare än hos känsliga plantor, speciellt i kallt väder (Tranel & Wright 2002; Whaley *et al.* 2007). Ytterligare en orsak till det höga antalet resistent ogräspopulationer mot ALS-inhiberande herbicider är den höga mutations hastigheten relativt övriga herbicidtyper som nämndes ovan (Tranel & Wright 2002).

Mekanismen bakom hur resistens uppstår hos olika växter till exempel som ogräset kornvallmo (*Papaver rhoeas* L.) är relativt väl undersökt. Våtarv däremot har inte undersökts i samma utsträckning och forskare har lite kunskap om hur resistens uppstår hos just denna art (Marshall *et al.* 2010). Undersökningar på punktmutationer i ALS-genomet som gjorts internationellt har lett till att 17 olika substitutioner hos olika aminosyror har hittats, i jästsvampar, bakterier, gröna alger och växter (Tranel & Wright 2002; Whaley *et al.* 2007). Hos ogräspopulationer som har plockats i fält har 6 av de 17 olika substitutionerna i ALS-genomet hittats, Alanine122 (ala122), Proline197 (Pro197), Alanine 205 (ala205), Tryptophan 574 (Trp574), Serine 653 (Ser653) och Aspartate 376 (Asp376) (Whaley *et al.* 2007). Aminosyroras siffror i namnet utgår från dess position i arten *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh (backtrav) som är en modellorganism. *Arabidopsis thaliana* är särskilt lämplig att vara modellväxt då den har det längsta ALS-genomet som har rapporterats hittills (Tranel & Wright 2002). Substitution i Pro197 resulterar vanligtvis i resistens mot sulfosulfuron- och triazolopyrimidinherbicider. Pro197 har också rapporterats ha 8 olika aminosyrasubstitutioner vilket leder till en misstanke om att ALS-enzymet har en hög flexibilitet i herbicidbindningsplatsen. Det tyder också på att den aktiva platsen hos enzymet inte är på samma plats som herbicid bindningsplatsen men de sitter troligtvis nära varandra. Substitution av Ala122 och Ser653 resulterar vanligtvis i resistens mot herbiciderna imidazolinoner och pyrimidinyl-thiobenzoater. Substitution av Trp575 resulterar i bred korsresistens mot både sulfonyleureor, triazolopyrimidin, pyrimidinyl benzoater och imidazolinoner (Tranel & Wright 2002; Whaley *et al.* 2007). Det är ofta likhet mellan sulfonyleureor och triazolopyrimidin klasserna respektive likhet mellan pyrimidinyl benzoater och imidazolinon klasserna (Kudsk *et al.* 1995; Tranel & Wright 2002). Utifrån det kan man klassificera resistens i tre olika grupper 1. Sulfonyleureor och Triazolopyrimidin-resistens 2. Pyrimidinyl benzoat och Imidazolinon-resistens och 3. Bred korsresistens, som ger resistens mot alla nämnda grupper. Gruppen Triazolinon är en nyare grupp som inte fanns på marknaden när Tranel & Wright (2002) skrev sin artikel så någon undersökning om punktmutation och resistens finns inte. Det finns undantag från de tre klasserna, till exempel substitution i Pro197 har visats ge låg resistens mot imidazolinon utöver sulfosulfuron- och triazolopyrimidin. Substitution i Trp574 har även visats ha hög resistens mot de fyra grupperna nämnda ovan (sulfonyleureor, triazolopyrimidin, Pyrimidinyl benzoat och Imidazolinon), dock endast hos en ogräsart. Ala205 visade också en bred korsresistens med inte lika hög som Trp574. Bara för att en

substitution har bekräftats mot en grupp betyder det inte att alla medlemmar i den kemiska familjen är garanterad resistens, detta är speciellt vanligt i klassen sulfonyleureor (Tranel & Wright 2002).

Det har som sagt inte skett så mycket forskning om hur resistens uppstår i våtarv men en studie har bekräftat att våtarvspopulationer som var resistent mot sulfonyleureaherbiciden: metsufuron, hade en substitution i Pro197 och Trp574. Forskarna till denna studie misstänkte att detta fynd betydde att våtarv har samma punktmutationer som andra ogräsarter (Marshall *et al.* 2010). I en studie från 2018 kunde substitution av Pro197 mot en Glutamin (Gln), likt den som hittades av Marshall *et al.* (2010), bekräftas ge resistens mot sulfonyleureor. Denna studie upptäckte även ytterligare en substitution i Pro197, då mot Serine (Ser) vilket också gav resistens mot sulfonyleureor. De två populationerna som uppvisade substitution Pro-197-Gln och Pro-197-Ser var intressant nog plockade från samma fält (Laforest & Soufiane 2018).

## 6. Integrerat växtskydd (IPM)

### 6.1. EU:s direktiv

Enligt Europaparlamentets och rådets direktiv 2009/128/EG av den 21 oktober 2009 om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder för att uppnå en hållbar användning av bekämpningsmedel, ska *"medlemsstaterna använda nationella handlingsplaner med syfte att fastställa kvantitativa mål för att minska riskerna med användningen av bekämpningsmedel samt främja att integrerat växtskydd utvecklas för att minska beroendet av bekämpningsmedel."* Alla yrkesmässiga användare av växtskyddsmedel ska ha kunskaper om ansvarsfull växtskyddshantering. De ska känna till regler om växtskyddsmedel, eventuella faror för människor, djur och natur, samt hur man kan arbeta med integrerat växtskydd (2009/128/EG). Norge som inte är ett medlemsland har också valt att genomföra EU:s direktiv (Trandem 2017).

I direktivet beskrivs integrerat växtskydd, som att lantbrukare ska minska användandet av växtskyddsmedel och behövsanpassa den kemiska bekämpningen. Förebyggande åtgärder som nämns i direktivet är växtföljd, anpassa gödsling, kalkning och dränering, använda lämpligt växtmaterial som är tåligt och kontrollerat samt lämplig odlingsteknik. Med hjälp av olika hygienåtgärder ska spridning av frön förebyggas. Samt att nyttoinsekter ska gynnas genom att använda lämpliga växtskyddsåtgärder. Alternativa åtgärder ska tillämpas innan kemiskt bekämpningsmedel används. Används kemiska bekämpningsmedel ska de vara målspecifika och små doser ska användas för att minska spridning till miljön. Innan bekämpning ska tröskelvärden för skadliga organismer undersökas för det området som bekämpningen gäller. De skadliga organismerna ska övervakas så att varning och prognos kan utföras. Upptäcks resistens mot ett växtskyddsmedel ska bland annat verkningsmekanismen varieras (2009/128/EG). En annan metod är att använda sig av resistensbrytare. Resistensbrytare är en herbicid som har en annan verkningsmekanism än den herbicid som riskerar att selektera fram hög resistens hos ogräset. Vid användandet av resistensbrytare skjuter man utvecklingen av resistens till framtiden men det betyder inte att den försvinner. För att en herbicid ska kunna användas som resistensbrytare ska den inte bara ha en annan

verkningsmekanism, den ska även vara effektiv. I Sverige bör herbiciden vara mer än 70% effektiv för att användas som resistensbrytare. Exempel på en resistensbrytare mot våtarv som är resistent mot ALS-inhiberande herbicider är Ariane S och produkter som innehåller diflufenikan. Herbicider med sämre effektivitet är däremot MCPA och Ally Class (Andersson *et al.* 2020). Den yrkesmässiga användaren av växtskyddsmedel bör även undersöka nyttan av de åtgärder som används (2009/128/EG).

## 6.2. Sverige

Sverige har haft en handlingsplan för att minska användningen av kemiska växtskyddsmedel sedan 1980-talet. Åtgärderna anses vara lyckade då försäljningen av växtskyddsmedlen minskade med 66% från 1980-talet till 2017. En viss ökning av hektardoser har dock uppmärksamats under de senaste åren, troligtvis på grund av ökad odling av höstvet. Doserna anses dock inte ha ökat så pass mycket att det är någon fara för miljö eller hälsa. Jordbruksverket som är en av de ansvariga myndigheterna för hållbar användning av växtskyddsmedel ger råd till användare (Näringsdepartementet 2019). Råden innebär bland annat, att ett bra förebyggande arbete behövs samt bra kvalitet på utsädet, helst certifierat. Utsädesmängd och såtidpunkt ska justeras utifrån sort och odlingssystem. Speciellt höstsådda grödor är känslig för angrepp av insekter, svamp- och virussjukdomar. Vid stora problem med ogräs som har tendens att utveckla resistens mot ALS-herbicider kan senarelagd sådd och en varierad växtföljd minska behovet av kemisk bekämpning. Genom att välja sorter som har bra motståndskraft mot sjukdomar, starkt strå och bra vinterhärdighet kan behovet av kemisk bekämpning minska. Olika grödor konkurrerar olika bra med ogräs, havre konkurrerar till exempel bättre än vårkorn. En växtföljd där höst- och vårsådda grödor samt fleråriga och ettåriga grödor varierar minskar i regel ogrässtrycket. Varierad växtföljd ger också andra gynnsamma effekter som mindre sjukdomstryck, insektstryck och ofta bättre jordstruktur.

En reducerad jordbearbetning har både positiva och negativa effekter på avkastning. Kemisk bekämpning kan behövas för att minska andelen ogräs i ett system sådant system. Vid bekämpning av vissa annuella ogräsarter bör stubbearbetning inte användas då dessa arters frön kan hamna i gröningsvila istället för att gro, fröförrådet ökar då. Bättre bekämpning av annuella ogräs är med en så kallad ultragrund jordbearbetning där ogräsfröna lockas att gro utan att vändas ner. Genom att gynna den biologiska mångfalden runt om och i fältet kan flera insekter och små däggdjur finnas i närheten som äter upp ogräsfröna. Det är viktigt att rengöra maskiner och redskap för att minimera spridning av ogräs mellan fält. Balpressen är den vanligaste spridningen av ogräsfrön. Ogräsfrön kan spridas med halm och gödsel. Spridningen med gödsel är dock liten då endast ett fåtal frön

överlever eventuell ensilering och transport genom mag-tarmkanalen. Rötas gödseln innan spridning på fältet är överlevnadstalet ännu mindre, till exempel våtarv överlever inte alls (Mellqvist 2019).

För att säkerställa att landets odlare tillämpar principerna för integrerat växtskydd använder sig Sverige av en kombination av åtgärder. Bland annat tillsyn, information, utbildning, rådgivning, prognos- och varningssystem, beslutsstöd samt ekonomiska styrmedel. I ett tillsynsprojekt som Jordbruksverket sköter undersöks tillämpningen av integrerat växtskydd och andra delar av direktivet. Tillsynsprojektet är till för att vid behov kunna förbättra framtida handlingsplaner (Näringsdepartementet 2019). För att få en god kunskapsspridning om integrerat växtskydd är olika växtskyddscentraler lokaliserade runt om i Sverige som har en stödjande funktion för de växtodlingsrådgivare som anlitas av lantbrukare. Växtskyddscentralerna vid Jordbruksverket tar också fram prognos- och varning samt tar fram bekämpningsstrategier. Grundutbildningen för alla yrkesmässiga användare av kemiska växtskyddsmedel är obligatorisk. En av utbildningens dagar är tillsatt för att informera om integrerat växtskydd. Sverige har som mål att alla yrkesmässiga användare har fått denna information och erbjuder den som fristående kurs. Det ekonomiska styrmedel som Sverige använder sig av för att minska användningen av kemiska växtskyddsmedel är ett stöd för omställning till ekologisk odling samt till de som redan odlar ekologiskt.

Sverige anser att mer forskning behövs inom bekämpningströsklar, förebyggande åtgärder, odlingssystem som kombinerar olika former av reglering med både kemiska och icke kemiska metoder. För att minska risken att användaren utsätter sig för fara och att växtskyddsmedel hamnar utanför åkermark och av misstag sprids i naturen ska bättre information finnas på växtskyddsmedlen. Information ska vara lättare att förstå både för rådgivare och lantbrukare. För att undersöka andel växtskyddsmedel som används och dess effekter på hälsa och natur testas yt- och grundvatten i Sverige (Näringsdepartementet 2019).

81 % av Sveriges lantbruksföretag använder sig av växtskyddsmedel. Det är mest de större företagen som använder växtskyddsmedel. I Skåne förbrukades 2010 60 % av den totala mängden sålt växtskyddsmedel. Den totala mängden växtskyddsmedel som såldes 2016 är relativt låg i Sverige, 0,72 kg/ha, jämfört med Finland 1,43 kg/ha och Tyskland 2,62 kg/ha. Mellan 2011–2013 och 2014–2016 minskade användningen av växtskyddsmedel med ca 3 % i Sverige (Näringsdepartementet 2019).

### 6.3. Norge, Danmark, Finland, Lettland

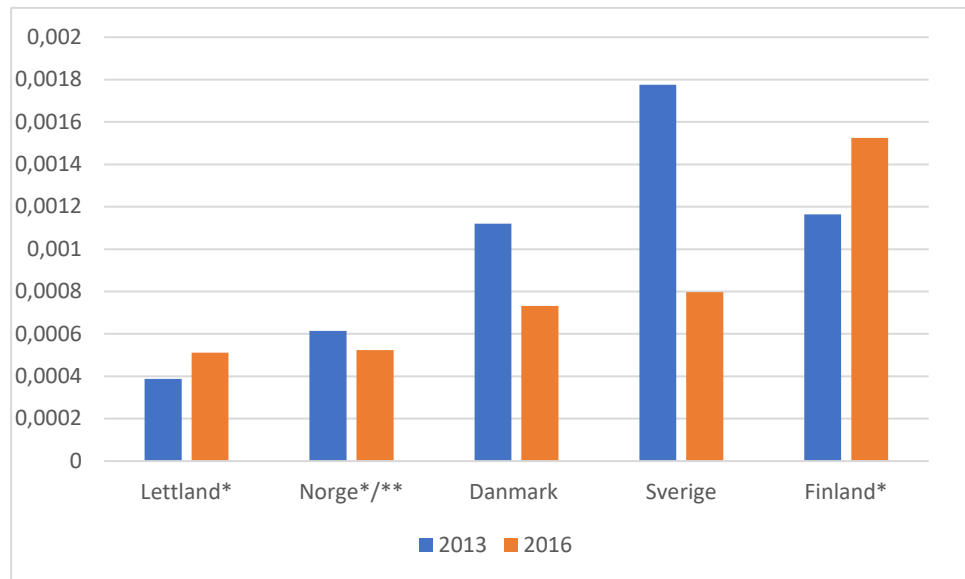
Gemensamt för de olika ländernas handlingsplan är att de vill öka kunskapen hos sina jordbrukare genom information. Länderna ska uppdatera information på de ansvariga myndigheternas webbplatser och ha lättillgängliga råd rörande de

vanligaste grödorna som odlas i landet (Landbruks- og matdepartementet 2016; Laitinen 2018a; Miljø- og Fødevareministeriet 2019; Ministru kabinets 2020). Finland lägger stor vikt vid kunskapsspridning via landets rådgivare och vill att de ska fungera som mellanhand mellan forskning och lantbrukare (Laitinen 2018a). Alla länder är överens om att mer forskning behövs om integrerat växtskydd, bekämpningströsklar och kemiska bekämpningsmedel och dess påverkan på miljön. För att integrerat växtskydd ska utvecklas behövs mer forskning och Finland trycker framförallt på att ekonomiska kalkyler behövs för att motivera odlare att använda sig av integrerat växtskydd. Länderna jobbar aktivt för att förpackningar till de kemiska bekämpningsmedlen ska vara lättförståeliga med tillräcklig information om fara för människor och miljö. Länderna jobbar även med att ta fram olika prognos- och varningsexempel som hjälpmedel för att kunna tillämpa integrerat växtskydd (Landbruks- og matdepartementet 2016; Laitinen 2018a; Miljø- og Fødevareministeriet 2019; Ministru kabinets 2020). Finland uppmuntrar sina lantbrukare att tillämpa IPM genom att ge miljöstöd för till exempel radhacka med optisk styrning eller traktordriven brännare för ogräsbekämpning (Laitinen 2018b). Danmark är inne i en period 2017–2021 där de förbereder en handlingsplan för integrerat växtskydd och under de fyra åren kommer olika åtgärder träda i kraft. En insats som lanseras är en form av poängsystem på varje gård utifrån hur väl de tillämpar IPM. Danmark skriver i sin handlingsplan att de är öppna för att reglera val av grödor och hur ofta de får odlas på ett fält (Miljø- og Fødevareministeriet 2019). Lettland har idag inget gemensamt system för att registrera fältens historia men har som mål att göra det i framtiden. Lettland har även ett register över de som tillämpar integrerad odling, och dessa odlare kontrolleras sedan så att de följer rekommendationerna för IPM (Ministru kabinets 2020). Norge har ett form av skattesystem för kemiska bekämpningsmedel för att minska användningen (Landbruks- og matdepartementet 2016).

## 6.4. Försäljning av herbicider

År 2013 hade Sverige högst försäljning av herbicider per hektar mark följt av Finland och Danmark, (figur 2). År 2016 hade däremot Sveriges försäljning minskat (figur 3), vilket resulterade i att Finland 2016 hade högre försäljning av herbicider. Finland har också minskat sin försäljning av herbicider men inte lika mycket som Sverige gjorden mellan perioderna 2011–2015 och 2016–2018. Mellan dessa perioder hade nästan alla länder minskat försäljningen förutom Lettland som hade ökat sin försäljning. Trots att Lettland ökade sin försäljning av herbicider såldes det minst herbicider där per hektar båda perioderna. Danmark minskade sin herbicidförsäljning mest mellan perioderna men hade fortfarande en högre försäljning än Norge och Lettland (Jordvern 2018; Eurostat 2020b; a).

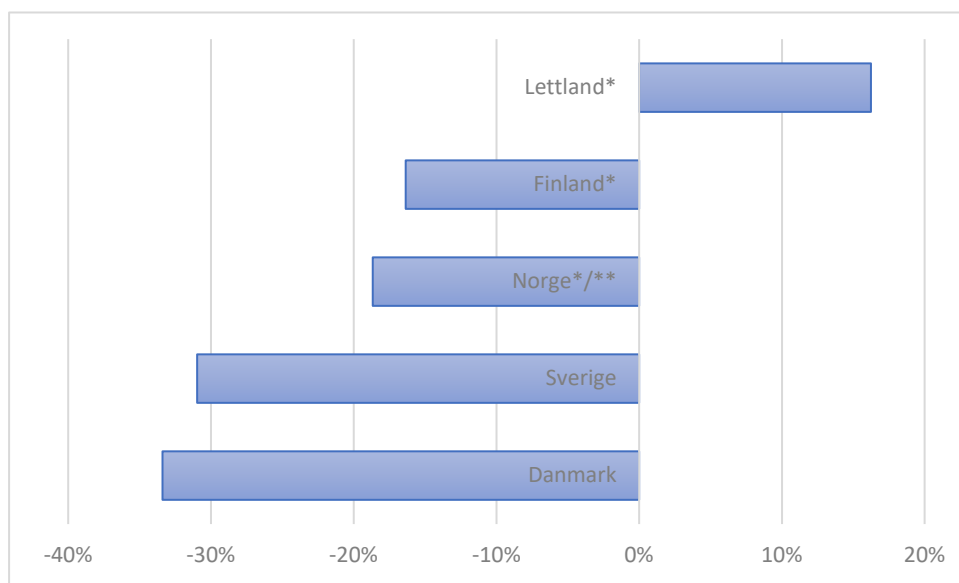




Figur 2. Herbicidförsäljning år 2013 och 2016 kg per hektar brukad mark. Siffror från Eurostat (Anonym u.å).

\*Norge, Lettland och Finland har inte publicerat ny information efter att klasserna gjordes om 2017.

\*\* Ingen exakt data hittades rörande mark i Norge



Figur 3. Förändring av herbicidförsäljning kg per hektar brukad mark mellan perioden 2011–2015 och 2016–2018. Siffror från Eurostat (Anonym u.å)

\*Norge, Lettland och Finland har inte publicerat ny information efter att klasserna gjordes om 2017.

\*\* Ingen exakt data hittades rörande mark i Norge

## 6.5. NORBARAG- Nordic Baltic resistance action group

NORBARAG är ett samarbete mellan Danmark, Estland, Finland, Lettland, Litauen, Norge och Sverige (Gronbech Hansen 2020a). Det första mötet hölls mellan de nordiska länderna i Danmark 2007, med forskare, rådgivare och representanter från den agrokemiska industrin. Det första mötet hölls på grund av ökningen av resistensfall i hela Europa som skett under början av 2000-talet samt det kommande beslutet om EU-direktivet som bland annat skulle minska antalet herbicider med olika ämnen på marknaden. Då Norden ingår i EU zon A tillsammans med de baltiska länderna och då kemikalieföretagen ser Norden och de baltiska områdena som ett område bjöds även de baltiska länderna in till detta samarbete. De baltiska länderna accepterade inbjudan och nästa möte hölls 2008 i Finland. Sedan dess har ett möte anordnats varje år förutom 2012 och 2020.

Målet med NORBARAG är att vara ett forum för informationsutbyte mellan personer som forskar inom pesticidresistensområdet samt bibehålla kontakterna med liknande grupper i de olika länderna. Fallen med resistens i de nordisk-baltiska regionerna ska verifieras och listas. Strategier för att undvika resistens och hur man ska hantera resistent populationer ska diskuteras. Länderna ska gemensamt definiera vilken forskning som behövs och vara överens om en standard för testning. NORBARAG ska ge ut utbildningsmaterial för att öka medvetenheten om pesticidresistensproblemen (Gronbech Hansen 2020b).

## 7. Intervjuer med rådgivare

### 7.1. Syfte, urval och intervjumetod

Frågorna som ställdes till rådgivarna utarbetades av mig med hjälp av min externa handledare Per Widén, Jordbruksverket. Innan frågorna formulerades lästes olika artiklar om ämnet. Frågorna som ställdes handlade om hur rådgivarna uppfattade problematiken med resistent våtarv, vilka kemiska bekämpningsmedel som användes i området samt om plöjningsfri odling och vall i växtföljderna tillämpades. Frågorna handlade också om det skedde någon övrig utbildning i området eller informationskvällar utöver Jordbruksverkets behörighetsutbildning.

Totalt intervjuades åtta växtodlingsrådgivare från Skåne, Uppland, Östergötland och Västergötland, Sörmland, Västmanland, Dalarna och Närke. Urvalet gjordes utifrån rådgivarnas arbetsområde och antal år i yrket. De skulle ha jobbat med ogräsfrågor ett antal år och valdes ut av min handledare Per Widén. Innan intervjun skickades 5 punkter som översiktligt gick igenom vad intervjun skulle handla om, se bilaga 1. Vid intervjutillfället ställdes sedan följdfrågor till de 5 punkterna och totalt blev 12 frågor, se bilaga 2. Intervjuerna genomfördes sedan via videomöte (Skype, Teams) och telefon.

### 7.2. Intervjufrågor

*Frågor 1 och 2: Omfattningen av herbicidresistens hos våtarv i deras arbetsområde idag och utveckling de senaste åren*

De flesta bedömde problemet som lågt med uppskattning mellan 0–20 %. En rådgivare i Sörmland, Närke respektive Uppland uppskattades problemet till 40–50 %. En rådgivare i Uppland och Dalarna uppskattades problemet till 60–70 % men kommenterade att det varierar väldigt mycket lokalt. Nästa fråga handlade om de upplevde att problemen hade ökat de senaste åren, då de flesta hade relativt små problem med resistens blev svaret nej. Men en gemensam uppfattning hos de flesta

rådgivarna var att resistensproblematik hade fått en större uppmärksamhet i branschen. En rådgivare som satt problemet till 0 % sa

”Inte i mitt område, vi pratar mycket om det i branschen och jag har hört att det har ökat i andra områden. Man kan säga att medvetenheten har ökat.”

*Fråga 3: Hur kontrollerar ni att det är resistens hos en population och utesluter andra faktorer?*

Här hade de spridda svar, men en kontroll som de flesta gjorde var att titta på vilka kemiska bekämpningsmedel som använts de senaste åren. En del rådgivare beskrev att det var ganska klart att det handlade om resistens om det var opåverkade plantor bredvid döda plantor av våtarv.

Citat från en rådgivare:

”Ofta är det en lantbrukare som kontaktar oss, då åker vi ut och frågar vilka preparat som har använts. Är det resistens ser man ofta att det finns våtarv som är opåverkade bredvid döda. Vi tittar också på vilka preparat som använts historiskt.”

Vissa skickade in frön från plantor som misstänkts vara resistent mot någon form av herbicid till Växtskyddscentralen i Alnarp. Andra skickade inte in prov till växtskyddscentralen utan undersökte endast ogräsen som misstänktes vara resistent. Några av de rådgivare som inte skickade in till växtskyddscentralen beskrev att de förut hade skickat in frön till SLU. Då möjligheten att testa misstänkta plantor hos SLU inte längre finns återgick de flesta till att undersöka överlevande ogräs på fältet, om det fanns opåverkade bredvid döda.

Citat från en rådgivare:

”Konstaterade fall fås genom att skicka in till Jordbruksverket. Sen är det odlarens kunskap och fältets bakgrundshistorik som vi kollar på när vi misstänker resistens. Om det är levande plantor bredvid döda misstänker vi det (resistens).”

*Fråga 4. I vilka grödor är problemet störst?*

Det övervägande svaret var höstgrödor av olika slag. En svarade att de hade problem i vårgroddor, då troligtvis på grund av att de till stor del endast kunde odla vårgroddor i det området.

Citat från en rådgivare:

”Vi har ju mulljordar här och mycket vårvete och det är egentligen på mulljordarna i vårvete som vi har problem.”

*Fråga 5 och 6: De vanligast använda herbiciderna mot våtarv och används resistensbrytare?*

De herbiciderna som flest rådgivare nämnde som vanliga var Express SX, Ariane S och Attribut Twin Plus. De flesta använde sig av resistensbrytare eller försökte få sina kunder att använda sig av det. Förutom de herbicider som nämndes tidigare som kan användas som resistensbrytare så nämndes Legacy, Diflanil och MCPA av några rådgivare.

Citat från två rådgivare:

”Resistensbrytare kommer in i vårsäd som Ariane S. De senaste åren vartefter man upptäcker mer resistens användas mer resistensbrytare på hösten som Legacy och Diflanil.”

”Vi tänker i dom banorna (användandet av resistensbrytare). Går vi tillbaka 5-6 år användes det inte lika mycket. Ariane S i vårsäd eller MCPA som man brukar kunna använda för att ta tistel också och så.”

*Fråga 7. Används vall i växtföljden?*

För att knyta an till IPM ställdes frågor om vall i växtföljden. De flesta rådgivare svarande att de gårdar som hade behov av vällen, alltså djurgårdar hade vall annars var det ovanligt. Det fanns vissa gårdar som odlade frövallar. När jag ställde frågan om de såg någon skillnad mellan de gårdar som hade vall i växtföljden och de som inte hade det fick jag svaret ”nja” av de flesta. De verkade vara överens om att ett ökande problem med våtarvsresistens beror på ensidig växtföljd.

Citat från en rådgivare:

”Nja viss skillnad, mindre tryck av våtarv på de gårdarna. Inte säker på att det är vällen i sig utan att de gårdarna varierar mellan vår- och höstgrödor och produkternas verkningsmekanismer. Jag tror mer att det är därför.”

*Fråga 8. Tillämpas plöjningsfri odling?*

Nästa fråga handlade om det tillämpades plöjningsfri odling, även här var det ganska lika svar. De flesta områden hade en del odlare som tillämpade plöjningsfri odling, det var dock inte så många som hade strikt plöjningsfritt.

Citat från två rådgivare:

”Ja, cirka 2 kunder som bara kör reducerad jordbearbetning, det är ca 6 %. Sen ett flertal som inte har strikt utan anpassar utifrån året.”

”Ja, inte så många som har strikt plöjningsfritt, utan man plöjer efter något år. Mellan 1–10 så skulle jag väl säga 3–4 (som har plöjningsfritt). ”

De odlare som tillämpade plöjningsfritt hade inte mer problem med våtarvsresistens enligt vissa rådgivare. En hade som teori att det berodde på att de med reducerad jordbearbetning hade en annorlunda växtföljd, en som jag tolkade

mer varierad växtföljd. En rådgivare tyckte att det var lite större problem med våtarvsresistens i reducerad jordbearbetning, denna rådgivare hade uppskattat problematiken till 60–70 % i sitt område.

#### *Fråga 9. Används nollrutor?*

I fråga om nollrutor svarade alla rådgivare att det var något som de förespråkade till sina kunder, men alla kunde inte säga att det var vanligt i deras område.

Citat från två rådgivare:

”Nollrutor är väldigt vanligt, annars har de flesta en liten kil i hörnet av ett fält eller liknande som man kan använda sig av om de inte har någon nollruta. De som inte har någon nollruta, och sedan händer det något i fältet och de kontaktar oss. Vi frågar då om de har en nollruta för att kunna jämföra, de säger nej och inser nyttan med det och medvetenheter ökar, det är ett väldigt bra verktyg.”

”Oftast blir det någon nollruta i någon kil, men inte i den utsträckning som man önskar. Vissa har intresse för det och ser till att de har en, medan vissa inte tänker på det just när de besprutar, de bara kör på. Men det är fler som har visat intresse för det i och med att renkavle har blivit vanligare.”

#### *Fråga 10–11: Utbildning/ information utöver Länsstyrelsens behörighetsutbildning?*

I frågan om utbildning utöver länsstyrelsen behörighetsutbildning var det skilda svar. Många svarade att den individuella kontakten mellan rådgivare och kund kunde ses som en viss utbildning. Ett område hade haft utbildning om renkavle när det blev ett större problem. Vissa nämnde även rådgivningsbrev som de skickar ut till sina kunder som ett utbildningstillfälle. En rådgivare berättade att de hade två kursdagar per år, en på hösten och en på våren. Kurserna handlar då mycket om nya preparat som kommit ut på marknaden. Information som ges är förutom de som nämnts ovan olika fältvandringar, då enbart till kunder. Information som ges till de som inte är kunder är under olika lantbruksdagar då det under vissa år tas upp information om kemiska bekämpningsmedel. Generellt sätt är det stor uppslutning till fältträffar och likande, men det verkar vara lite beroende på när träffarna sker. Under vårbruket kan det vara svårt för en odlare att komma iväg tex. En intressant reflektion av en rådgivare var:

”Nej, vi skriver i tidningen som ges ut, senaste numret handlade tex om blåklint och vi har tidigare skrivit om våtarv. Sedan har vi hållit kurser, nu när vi fått problem med renkavle har vi hållit kurser om det. Många ser det som statens långa näsa som lägger sig i. Jag tycker de (behörighetskurserna) är väldigt bra men jag förstår att det tar emot att avlägga en hel dag. Ofta tycker de (lantbrukarna) att de (kurser/information från rådgivningsföretag) går igenom samma sak varje gång, att infon är lik de som går igenom under den obligatoriska (grundkursen) kursen. Jag tycker de skulle behöva göra dessa dagar mer användarvänliga istället för skolbokvänliga. De skulle behöva ge bättre info, det är min personliga reflektion.”

*Fråga 12: Övrigt angående resistens hos våtarv?*

I slutet av intervjuerna frågade jag om det var något övrigt som de kände att de ville ta upp angående resistent våtarv. Någon eftersökte bättre möjlighet att testa fröer då de misstänkte resistens och någon form av kartläggning och regelbundna tester överlag. En rådgivare eftersökte mer forskning på mellangrödor, om hur de funkar rent skuggningsmässigt mot ogräs och allelopati. En annan förklarade att den tyckte att det fanns en bra medvetenhet bland odlarna att man skall variera preparat med olika verkningsmekanismer, men såg att ibland kunde priset avgöra, att man tog det billigaste alternativet för ekonomins skull.

## 8. Diskussion

Våtarv är ett annuellt fröogräs som kan orsaka stora skördeförluster i de flesta odlingssystem. På grund av antalet frön som en våtarvsplanta kan producera är det önskvärt att hålla detta ogräs under kontroll i fältet. Det finns många metoder för att minska andelen plantor av våtarv men ogräset är svårt att få bort helt. Våtarvens flexibilitet gör att den anpassar sig lätt till de olika metoder som finns för ogräskontroll. Den är dock känslig för torka och det vore intressant om detta kunde användas som en kontrollmetod även om Sobey (1981) rapporterade om en studie där våtarven hade överlevt torka men ändå försvagats. Torka i kombination med en mekanisk bekämpning borde därför minska mängden våtarv.

Då våtarven har ett maximalt gröningsdjup på 2 cm (Sobey 1981) är plöjning effektiv för att motverka att frön gror. En djupare kultivering borde också fungera som kontroll. Problemet med plöjning är dock som Bond & Grundy (2001) förklarade att nedvända frön kan vändas upp igen och gro. Våtarv har fortfarande en acceptabel överlevnad efter 3 år, cirka 70 % (Sobey 1981). Det är inte säkert att ett uppehåll med plöjning några år kommer att vara mer effektivt än någon annan ogräsbekämpning. Plöjningsfri odling som alternativ till användning av plog verkar inte heller ha någon god effekt på våtarv enligt resultat från långliggande försök (Tørresen *et al.* 2003; Davis *et al.* 2005). Åtgärder som mellangrödor (Bond & Grundy 2001; Hatcher & Melander 2003), ökad utsädesmängd och tidig sådd (Olsen *et al.* 2006) verkar också vara effektiv mot våtarv. Det fanns oenighet mellan källorna om falsk såbädd, om det var viktigast att rota upp ogräsen (Hatcher & Melander 2003) eller täcka de med jord (Jordbruksverket 2015). I en utförligare studie om olika åtgärder mot våtarv skulle det vara intressant att gå igenom flera studier om hur effektiva åtgärderna är. Både Bond & Grundy (2001) och Hatcher & Melander (2003) ansåg att kombination av åtgärder är det effektivaste sättet att bekämpa ogräs. Liksom Tørresen *et al.* (2003) beskrev i sin text att reducerad jordbearbetning bör kombineras med herbicider för att kontrollera ogräs och få en hög avkastning från grödan.

ALS-inhiberande herbicider används ofta för att kontrollera våtarv. Men vid ensidig användning av denna herbicidtyp är risken stor för att resistens utvecklas. Därför är det viktigt att få mer kunskap om mekanismer bakom resistensutveckling. Studierna utförda av Marshall *et al.* (2010) och Laforest & Soufiane (2018) är en början för att förstå hur mutation i ALS-genomet fungerar i våtarv. Men än så länge



får vi använda oss av de studier som finns för andra ogräs för att förstå hur resistens kan uppstå. Ytterligare intressant forskning är om en ökad metabolisk aktivitet som rapporterats hos styvvepe och renkavle kan uppstå hos våtarv. Kan då resistent våtarv bli ett ökat problem i framtiden? Kunskapen om att mutationshastigheten i ALS-genomet är högre än andra mål-genom för andra herbicider samt att resistent ogräsplanter inte verkar få minskad fitness (Tranel & Wright 2002) är intressanta. Ytterligare litteraturstudier inom detta område samt mer forskning skulle kunna svara på om dessa faktorer faktiskt spelar en roll i resistensproblematiken.

Det är svårt att bilda sig en uppfattning om exakt hur stort problemet är med resistens mot herbicider hos våtarv då de flesta länderna inte har några officiell statistik. Varje land skulle behöva göra en uppskattning över hur utbrett problemet är i landet. Antingen genom slumpvis insamling av prover likt den Danmark gjorde eller med en enkätundersökning som är utförligare än den som jag har gjort i detta arbete. Förslagsvis där större delen av de rådgivare samt lantbrukare som finns i landet deltog. Utifrån den information som hittades kan dock slutsatsen dras att det verkade som om Sverige, Norge, Danmark, Finland och Lettland jobbar aktivt med att följa EU-direktivet och minska resistensutvecklingen. Danmark verkar dock ligga lite efter i sin handlingsplan. De hade inga tidigare åtgärder som de kunde stödja sig på när EU:s direktiv kom. Finland hade däremot haft utbildning av lantbrukare i kemisk bekämpning innan EU:s direktiv och kunde bygga på sin dåvarande utbildning. Generellt verkade det som att Finland och Sverige har liknande handlingsplaner och till viss del utgångspunkt vid införande av EU:s direktiv. Lettland har haft tillämpning av integrerat växtskydd innan direktivet kom vilket kan vara en anledning till att deras herbicidanvändning är så låg. Lettland har dock sett en ökning av herbicidförsäljning de senaste åren samtidigt som de fick sitt första bekräftade fall av resistens 2016. Varför Lettland går åt detta håll är oklart. Rätt lite information hittades om Norges arbete vilket gör det svårt att dra några klara slutsatser. Om anledningen till att Norge inte rapporterat nya fall av resistent våtarv är på grund av att de inte haft nya fall borde de ha lyckats med sin strategi. Varför Norge i så fall skulle ha lyckats bättre än de andra länderna som har rapporterat fall av resistens efter 2002 är oklart. Kanske på grund av att de beskattar växtskyddsmedlen men det gör även Sverige. De har en liten växtodlingsproduktion, sett till hektar, men det har även Finland. För att dra en tydligare slutsats behövs en utförligare studie skulle behövas om ländernas historik med kemiska bekämpningsmedel samt forskning om detta ämne.

Informationen från EU:s statistiska enhet Eurostat (Eurostat u.å) är lite svårtydd då länder som Finland, Lettland och Norge inte har uppdaterat sin information efter ändringar av klasser. Eurostat beskrev i sin statistik att man ska jämföra åren 2011–2015 respektive 2016–2018 för sig i dessa länder. Det är därför troligen svårt att jämföra dessa länder med Sverige och Danmark. Vid en jämförelse med resultat från denna studie med de som presenterats av European Environment Information

and Observation Network (Eionet) (European Environment Agency 2018) hittades likande mönster. Men reservationer behöver göras för eventuella felberäkningar här. Försäljningssiffrorna garanterar inte att den mängden herbicider användes det året. Länderna har rapporterat om en lagringstendens hos lantbrukare inför skatteförändringar och liknande. Men mönstret att Sverige, Finland och Danmark hade en högre försäljning av herbicider än Lettland och Norge förklaras inte av lagringstendenser då alla år från 2011–2018 är medräknade.

Litteraturstudien och rådgivarintervjun gav båda intrycket av att problemet med våtarvens resistens mot herbicider inte är så utbrett. Det finns vissa områden i Sverige som har större problem än andra. Rådgivarna beskrev att de upplevde en ökad medvetenhet hos sina kunder och i hela branschen, något som också framkom i litteraturen. Det som skilde mest mellan rådgivare var testning vid misstänkt resistens. Vissa skickade in plantprover till Växtskyddscentralen alternativt ringde för att få tips. Varför vissa rådgivare inte använde sig av Växtskyddscentralens tjänst är svårt att svara på men det är ett område där en förbättring kan ske. NORBARAG beskriver att ett gemensamt system ska införskaffas så det är kanske något som kommer. Hur detta gemensamma system kommer att se ut eller arbetet för att införa det finns dock ingen information om på NORBARAGs hemsida.

De herbicider som var vanligast enligt rådgivarna hade olika verkningsmekanismer, se bilaga 3. Vissa var auxin-inhiberande, och vissa ALS-inhiberande. Det tyder på att EU:s och Jordbruksverkets rekommendation att variera preparaten följs. Rådgivarna beskrev också att de försökte uppmuntra sina kunder att variera preparat. Något som också verkar bli vanligare när medvetenheten ökar. Herbiciderna Arian S, Legacy och Diflanil är exempel på effektiva resistensbrytare. MCPA som också användes som resistensbrytare har enligt Andersson *et al.* (2020) sämre effekt. Användandet av MCPA som resistensbrytare mot våtarv som är resistent mot ALS-inhiberande herbicider kan därför ifrågasättas. Ytterligare litteraturundersökning om hur våtarv påverkas av MCPA kan ge svar på om de bör användas som resistensbrytare.

Vall i växtföljden har bevisats vara effektivt mot ogräs (Lundkvist & Fogelfors 2004) men är inte något som verkar nyttjas av lantbrukarna i stor utsträckning. Detta är troligtvis av ekonomiska skäl, som en rådgivare sa så är det inte så många som odlar vall om de inte har någon användning av den, dvs. om de inte har djur. Ökar problemen med ogräs kan detta vara ett område där man kanske kan förbättra svenskt jordbruk och få in mer vall i växtföljderna. Reducerad jordbearbetning verkade vara mer vanligt, dock inte strikt plöjningsfritt. Våtarvens respons på reducerad jordbearbetning varierar mellan år som tidigare nämnts vilket kan förklara rådgivarnas spridda svar. Ytterligare en förbättring för svenskt jordbruk vore ökad användning av så kallade nollrutor. Rådgivarna rapporterade om att även om de försökte få sina odlare att ha nollrutor, var det lätt att de glömdes bort eller inte prioriterades. Informationen ut till lantbrukare verkar inte vara ett problem i

Sverige, i alla fall inte till de som är kunder hos ett rådgivningsföretag. Självklart varierade det mellan olika företag hur de valt att sprida informationen, men alla hade någon form av informationsspridning. Problem med att få ut information kan vara större hos de lantbrukare som inte är kunder hos ett rådgivningsföretag. Det är dock oklart hur många procent som inte är kunder till ett rådgivningsföretag. Det kan vara en relativt liten del. De lantbrukare som inte anlitar ett rådgivningsföretag har också möjligheten att gå på och Länsstyrelsernas informationsmöten och behörighetskurser.

Intervjudelen var ett roligt och spännande inslag i uppsatsen och gav en ökad insikt i hur man arbetar med resistensproblematik i Sverige. De första intervjuerna var lite svåra men efter ca 3 intervjuer flöt intervjuerna på bättre. Vissa rådgivare var mer insatta i våtarvsresistens än andra, men intervjuerna med de med mindre insyn gav ändå bra information. Alla rådgivare var mycket hjälpsamma och vissa tipsade om övriga rådgivare som kunde kontaktas.

## 9. Slutsats

Åtgärder som varierad växtföljd, plöjning och ökad utsädesmängd verkar vara effektiva mot våtarv. Men ofta behövs en kombination av dessa åtgärder samt övriga åtgärder för att kontrollera våtarv.

Exakt hur resistens uppstår hos våtarv är inte klarlagt men det som är klart idag är att mutation sker i våtarvens ALS-genom. Mer forskning behövs för att ta reda på om andra substitutioner av aminosyror sker i våtarv samt om resistens kan uppstå på annat sätt som till exempel, ökad metabolism av herbiciden.

Utifrån de data som presenterades i denna uppsats går det inte att koppla ländernas handlingsplaner med deras resistensproblematik. En utförligare undersökning skulle behövas om ländernas historik med kemiska bekämpningsmedel samt forskning om detta ämne. Länderna skulle också behöva göra en uppskattning över hur utbrett problemet är i sitt land.

Sverige verkar följa EU:s direktiv på ett bra sätt, både när jag undersöker handlingsplan och i intervju med rådgivare. Förbättringsåtgärder för Sverige skulle kunna vara att öka mängden nollrutor som tillämpas samt förenkla möjligheten att testa plantor som misstänkts vara resistenta mot någon form av herbicid.

## Referenser

- Andersson, R., Johansson, C., Johansson, L., Johnson, F. & Widén, P. (2020). *Kemisk ogräsbekämpning*. Jönköping: Jordbruksverket. Tillgänglig: <https://webbutiken.jordbruksverket.se/sv/artiklar/be20.html>
- Ascard, J. (2015). *Ogräsreglering*. Jordbruksverket. Tillgänglig: [https://www2.jordbruksverket.se/download/18.7bbb6f8314e22444e2e8723e/1435236869005/p10\\_9\\_2.pdf](https://www2.jordbruksverket.se/download/18.7bbb6f8314e22444e2e8723e/1435236869005/p10_9_2.pdf) [2020-06-15]
- Binder, S., Knill, T. & Schuster, J. (2007). Branched-chain amino acid metabolism in higher plants. *Physiologia Plantarum*, vol. 129 (1), ss. 68–78
- Bond, W. & Grundy, A.C. (2001). Non-chemical weed management in organic farming systems. *Weed Research*, vol. 41 (5), ss. 383–405
- Campbell, N.A., Urry, L.A., Cain, M.L., Wasserman, S.A., Minorsky, P.V. & Reece, J.B. (2018). *Biology: a global approach*. Eleventh edition, global edition. New York, NY: Pearson.
- Davis, A.S., Renner, K.A. & Gross, K.L. (2005). Weed seedbank and community shifts in a long-term cropping systems experiment. *Weed Science*, vol. 53 (3), ss. 296–306 Weed Science Society of America.
- Den virtuella floran (1999). *Caryophyllaceae - Nejlikväxter*. Tillgänglig: <http://linnaeus.nrm.se/flora/di/caryophylla/welcome.html> [2020-05-08]
- Den virtuella floran (2004). *Stellaria media (L.) Vill. - Våtarv*. Tillgänglig: <http://linnaeus.nrm.se/flora/di/caryophylla/stell/stelmed.html> [2020-05-07]
- Europaparlamentets och rådets direktiv 2009/128/EG av den 21 oktober 2009 om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder för att uppnå en hållbar användning av bekämpningsmedel. (Text av betydelse för EES). (EUT L309, 24.11.2009, s. 71-86). Tillgänglig: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:309:0071:0086:SV:PDF> [2020-05-05]
- European Environment Agency (2018). *Pesticide sales*. [Briefing]. Tillgänglig: <https://www.eea.europa.eu/airs/2018/environment-and-health/pesticides-sales> [2020-05-27]
- Eurostat (u.å). *Agriculture - database*. Tillgänglig: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/agriculture/data/database> [2020-05-27]
- Eurostat (2020a). *Agricultural holdings by legal form of the management*. Tillgänglig: [https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=ef\\_mp\\_manleg&lang=en](https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=ef_mp_manleg&lang=en) [2020-05-21]
- Eurostat (2020b). *Pesticide sales*. Tillgänglig: [https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=aei\\_fm\\_salpest09&lang=en](https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=aei_fm_salpest09&lang=en) [2020-05-21]
- Fagan, R.L. & Palfe, B.A. (2010). 7.03 - Flavin-Dependent Enzymes. I: Liu, H.-W. (Ben) & Mander, L. (red.) *Comprehensive Natural Products II*. Oxford: Elsevier, ss. 37–113.
- Fogelfors, H. (red.) (2015). *Vår mat- odling av åker- och trädgårdsgrödor*. 1:2. Lund: Studentlitteratur.
- Global Biodiversity information facility (2019). *Stellaria media (L.) Vill.* Tillgänglig: <https://www.gbif.org/species/5384604> [2020-05-07]

- Gronbech Hansen, J. (2020a). *About NORBARAG*. Tillgänglig: <https://projects.au.dk/norbarag/about-norbarag/> [2020-05-24]
- Gronbech Hansen, J. (2020b). *History of Norbarag*. Tillgänglig: <https://projects.au.dk/norbarag/history-of-norbarag/> [2020-05-24]
- Gronle, A., Lux, G., Böhm, H., Schmidtke, K., Wild, M., Demmel, M., Brandhuber, R., Wilbois, K.-P. & Heß, J. (2015). Effect of ploughing depth and mechanical soil loading on soil physical properties, weed infestation, yield performance and grain quality in sole and intercrops of pea and oat in organic farming. *Soil and Tillage Research*, vol. 148, ss. 59–73
- Hatcher, P.E. & Melander, B. (2003). Combining physical, cultural and biological methods: prospects for integrated non-chemical weed management strategies. *Weed Research*, vol. 43 (5), ss. 303–322
- Heap, I. (2020). *List of Herbicide Resistant Weeds by Weed Species*. Tillgänglig: <http://www.weedscience.org/Pages/Species.aspx> [2020-04-06]
- Herbicide Resistance Action Committee (2020). *Global Herbicide Classification Lookup*. Tillgänglig: <https://hracglobal.com/tools/classification-lookup> [2020-05-18]
- Hofmeijer, M.A.J., Krauss, M., Berner, A., Peigné, J., Mäder, P. & Armengot, L. (2019). Effects of Reduced Tillage on Weed Pressure, Nitrogen Availability and Winter Wheat Yields under Organic Management. *Agronomy*, vol. 9 (4), s. 180
- Jordbruksverket (2015). Ogräsharvning. (JO15:2). Tillgänglig: [https://www2.jordbruksverket.se/download/18.58d0e6f14ba6c5012314780/1424438705100/jo15\\_2.pdf](https://www2.jordbruksverket.se/download/18.58d0e6f14ba6c5012314780/1424438705100/jo15_2.pdf) [2020-06-15]
- Jordvern (2018-12-10). *Regjeringen.no*. [Redaksjonellartikkel]. Tillgänglig: <https://www.regjeringen.no/no/tema/mat-fiske-og-landbruk/landbrukseiendommer/innsikt/jordvern/jordvern/id2009556/> [2020-05-20]
- Krok, T.O., Almquist, S., Jonsell, L. & Jonsell, B. (2013). *Svensk flora: fanerogamer och kärlkryptogamer*. 29. uppl. Stockholm: Liber.
- Kudsk, P. (2007). Optimising herbicide dose: A straightforward approach to reduce the risk of side effects of herbicides. *The Environmentalist*, vol. 28, ss. 49–55
- Kudsk, P., Mathiassen, S.K. & Cotterman, J.C. (1995). Sulfonylurea resistance in *Stellaria media* [L.] Vill. *Weed Research*, vol. 35 (1), ss. 19–24
- Kudsk, P. & Streibig, J. (2003). Herbicides – a two-edged sword\*. *Weed Research*, vol. 43, ss. 90–102
- Laforest, M. & Soufiane, B. (2018). Coevolution of Two Sulfonylurea-Resistant Common Chickweed (*Stellaria media*) Biotypes with Different Mutations in the Acetolactate Synthase Gene. *Weed Science*, vol. 66, ss. 1–7
- Laitinen, P. (2018a). *Handlingsprogram för hållbar användning av växtskyddsmedel II- 2018-2022*. Säkerhets- och kemikalienätverket.
- Laitinen, P. (2018b). *Nationell handlingsprogram för hållbar användning av växtskyddsmedel- mellanrapport 2011-2017*. Säkerhets- och kemikalienätverket. Tillgänglig: <https://tukes.fi/documents/5470659/6372801/NAP+mellanrapport+p%C3%A5+svenska/2b053aba-7c94-72fc-d311-a342c5989ac7/NAP+mellanrapport+p%C3%A5+svenska.pdf>
- Landbruks- og matdepartementet (2016). *Handlingsplan for bærekraftig bruk av plantevernmidler 2016-2020*. Landbruks- og matdepartementet. Tillgänglig: <https://www.regjeringen.no/contentassets/3a3421db98f24bc0abcee8061ff2552b/handlingsplan-for-barekraftig-bruk-av-plantevernmidler-2016-2020.pdf> [2020-05-18]

- Lundkvist, A. (2014). *Ogräskontroll på åkermark*. Jönköping: Jordbruksverket. Tillgänglig: <https://webbutiken.jordbruksverket.se/sv/artiklar/ovr28.html> [2020-05-05]
- Lundkvist, A. & Fogelfors, H. (2004). *Ogräsreglering på åkermark*. (6). SLU, Uppsala: Ekologi och växtproduktion.
- Lutman, Bowerman, Palmer & Whytock (2000). Prediction of competition between oilseed rape and *Stellaria media*. *Weed Research*, vol. 40 (3), ss. 255–269
- Marshall, R., Hull, R. & Moss, S.R. (2010). Target site resistance to ALS inhibiting herbicides in *Papaver rhoeas* and *Stellaria media* biotypes from the UK. *Weed Research*, vol. 50 (6), ss. 621–630
- Mathiassen, S.K. & Kudsk, P. (2016). *Etablering af status for forekomst af herbicidresistens i Danmark*. (DCArapport 084). Slagelse: Agroökologi. Tillgänglig: <https://dcapub.au.dk/djfpublikation/djfpdf/DCArapport084.pdf> [2020-05-26]
- Melander, B., Rasmussen, I.A. & Bårberi, P. (2005). Integrating Physical and Cultural Methods of Weed Control: Examples from European Research. *Weed Science*, vol. 53 (3), ss. 369–381
- Mellqvist, E. (2019). *Att förebygga växtskyddsproblem- en viktig del i integrerat växtskydd (IPM)*. Skara: Jordbruksverket. Tillgänglig: <https://webbutiken.jordbruksverket.se/sv/artiklar/ovr487.html> [2020-05-02]
- Miljø- og Fødevareministeriet (2019). *Resistenshandlingsplan 2019-2022*. København: Miljø- og Fødevareministeriet. Tillgänglig: [https://mfvm.dk/fileadmin/user\\_upload/MFVM/Resistenshandlingsplan\\_2019-2022.pdf](https://mfvm.dk/fileadmin/user_upload/MFVM/Resistenshandlingsplan_2019-2022.pdf) [2020-05-05]
- Ministru kabinets (2020). *Par Latvijas rīcības plānu augu aizsardzības līdzekļu ilgtspējīgai izmantošanai*. LIKUMI.LV. Tillgänglig: <https://likumi.lv/doc.php?id=312146> [2020-04-30]
- Necajeva, J. & Erdmane, Z. (2017). Evidence of development of resistance to ALS inhibitors in Latvia. PowerPoint-presentation, Vilnius. Tillgänglig: [https://projects.au.dk/fileadmin/projects/norbarag/Annual\\_meetings/Vilnius\\_2017/Necajeva\\_ALS\\_inhibitors.pdf](https://projects.au.dk/fileadmin/projects/norbarag/Annual_meetings/Vilnius_2017/Necajeva_ALS_inhibitors.pdf) [2020-05-26]
- Näringsdepartementet (2019). *Sveriges nationella handlingsplan för hållbar användning av växtskyddsmedel för perioden 2019-2022*. (N2019/01607/SMF) Tillgänglig: <https://www.regeringen.se/informationsmaterial/2019/04/sveriges-nationella-handlingsplan-for-hallbar-anvandning-av-vaxtskyddsmedel-for-perioden-2019-2022/> [2020-05-02]
- Olsen, J., Kristensen, L. & Weiner, J. (2006). Influence of sowing density and spatial pattern of spring wheat (*Triticum aestivum*) on the suppression of different weed species. *Weed Biology and Management*, vol. 6 (3), ss. 165–173
- Slavokhotova, A.A., Shelenkov, A.A., Korostyleva, T.V., Rogozhin, E.A., Melnikova, N.V., Kudryavtseva, A.V. & Odintsova, T.I. (2017). Defense peptide repertoire of *Stellaria media* predicted by high throughput next generation sequencing. *Biochimie*, vol. 135, ss. 15–27
- Sobey, D.G. (1981). *Stellaria Media* (L.) Vill. *Journal of Ecology*, vol. 69 (1), s. 311
- Soteres, J.K. & Peterson, M. (u.å). Monitoring and Mitigation of Herbicide Resistance: Global Herbicide Resistance Committee (HRAC) Perspectives. vol. 2020, s. 12
- Sturm, D.J., Kunz, C. & Gerhards, R. (2016). Inhibitory effects of cover crop mulch on germination and growth of *Stellaria media* (L.) Vill., *Chenopodium*

- album* L. and *Matricaria chamomilla* L. *Crop Protection*, vol. 90, ss. 125–131
- Trandem, N. (2017). *Integrert plantevern i Norge*. Nibio. Tillgänglig: <https://www.nibio.no/tema/plantehelse/integrert-plantevern/integrert-plantevern-i-norge> [2020-04-20]
- Tranel, P.J. & Wright, T.R. (2002). Resistance of weeds to ALS-inhibiting herbicides: What have we learned? *Weed Science*, vol. 50 (6), ss. 700–712 Weed Science Society of America.
- Turkington, R., Kenkel, N.C. & Franko, G.D. (1980). The biology of Canadian weeds.: 42. *Stellaria media* (L.) Vill. *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 60 (3), ss. 981–992
- Tørresen, K.S., Skuterud, R., Tandsæther, H.J. & Hagemo, M.B. (2003). Long-term experiments with reduced tillage in spring cereals. I. Effects on weed flora, weed seedbank and grain yield. *Crop Protection*, vol. 22 (1), ss. 185–200
- Whaley, C.M., Wilson, H.P. & Westwood, J.H. (2007). A new mutation in plant ALS confers resistance to five classes of ALS-inhibiting Herbicides. *Weed Science*, vol. 55 (2), ss. 83–90
- Wilson, B.J., Wright, K.J. & Butler, R.C. (1993). The effect of different frequencies of harrowing in the autumn or spring on winter wheat, and on the control of *Stellaria media* (L.) vill., *Galium aparine* L. and *Brassica napus* L. *Weed Research*, vol. 33 (6), ss. 501–506



# Tack

Tack till min handledare Anneli Lundkvist som har hjälpt och stötta mig genom detta arbete. Tack till min biträdande handledare Per Widén som har hjälpt med intervjustudien och gett tips på artiklar.

Jag vill även rikta tack till alla de rådgivare som har tagit sig tid att intervjuats och kommit med mycket bra insikt till hur arbetet med resistenta ogräs går till i Sverige.

# Bilaga 1

*Översiktliga frågor som skickades ut till rådgivare via mejl innan intervjun*

1. Hur utbredd resistensproblematiken hos våtarv är.
2. Kontroll av eventuell resistens.
3. De vanligaste herbiciderna som används i ditt område mot våtarv.
4. Användning av IPM i ditt område.
5. Utbildning och information om herbicider i ditt område.

## Bilaga 2

### *Frågor som ställdes till rådgivarna under intervjun*

1. Hur stort problem upplever du att ditt område har med våtarvsresistens på en skala mellan 1–10?
2. Upplever du att problemet har ökat de senaste åren?
3. Hur kontrollerar ni att det är resistens hos en population, för att utesluta andra faktorer?
4. I vilken/vilka grödor är problemen störst?
5. Vilka är de 3 vanligaste herbiciderna som används mot våtarv i ditt område?
6. Används resistensbrytare hos någon av dina kunder?
  - a. Vilka herbicider används som resistensbrytare?
7. Används vall i växtföljden hos några av dina kunder?
  - a. Upplever du någon skillnad mellan dessa gårdar, i problematik med våtarv??
8. Tillämpar några av dina kunder plöjningsfri odling?
  - a. Upplever du någon skillnad mellan dessa gårdar, i problematik med våtarv?
9. Används nollrutor för att utvärdera effekten av herbiciden?
10. Sker det utbildning av herbicidanvändning utöver jordbruksverkets behörighetsutbildning i ditt område?
  - a. Vad går dessa utbildningar igenom översiktligt?
  - b. Är det stort intresse av dessa utbildningar?
11. Anordnas det informationskvällar eller liknande i ditt område?
  - a. Vad är den viktigaste aspekten som diskuteras under dessa träffar?
  - b. Är intresset stort för dessa träffar?
12. Övrigt

## Bilaga 3

*Rådgivarnas bedömning av vilka herbicider som var vanligast förekommande samt deras aktiva ämnen, verkningsmekanism och klassificering.*

*Tabell 1. Namn, aktivt ämne, verkningsmekanism och klassificering av de vanligast använda herbiciderna enligt rådgivare*

NAMN	AKTIVT ÄMNE	VERKNINGS MEKANISM	KLASSIFICER- ING
Express	Tribenuronmetyl	ALS	Sulfonylureor
Ariane S	Fluroxipyr/klopyralid/MCPA	Auxin	Pyridyloxy- carboxylates/pyridi ne-carboxylates/ Phenoxy- carboxylates
Attribut Twin	Propoxycarbazon/jodosulfuro n	ALS	Triazolinones/Sulf onyleureor
Legacy	Diflufenikan	PDS	Phenyl ethers
Diflanil	Diflufenikan	PDS	Phenyl ethers
MCPA	MCPA	Auxin	Phenoxy- carboxylates

Källa: Herbicide Resistance Action Committee 2020, Andersson et al 2020